This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES

SUL PIANO INCLINATO

DI LANSLEBOURG

A TRAZIONE FUNICOLARE

SECONDO IL SISTEMA

DELL'INGEGNERE

TOMMASO AGUDIO

RELAZIONE

della Commissione Governativa Italiana
a S. E. il Ministro dei Lavori Pubblici

ROMA
TIP. E LIT. DEL GIORNALE DEL GENIO CIVILE
Piazza Margana N. 21.

1876.

LELAND STANFORD JUNIOR
LIBRARY
UNIVERSITY.

H2643

L'Editore della presente Relazione, al quale è stato ceduto
ogni diritto di riproduzione, intende di valersene a termini di legge

INTRODUZIONE

È cosa nota che, lasciando a parte i piani inclinati automotori, pei quali il motore è la forza di gravità, i sistemi di trazione pressochè esclusivamente in uso oggidì sulle ferrovie sono nel maggior numero dei casi quelli con motore a vapore mobile col carico trasportato, ed in alcune circostanze speciali quelli con motore stazionario a vapore, ovvero anche idraulico. Nei sistemi di trazione con macchina motrice fissa il convoglio riceve il necessario movimento sia per mezzo di una fune metallica, sia pel veicolo dell'aria atmosferica, donde nasce la distinzione di questi sistemi di trazione a macchina fissa, in funicolari ed atmosferici.

La differenza caratteristica che passa fra le due categorie di sistemi di trazione, a macchina locomotiva, ed a macchina fissa, è che nella prima categoria una buona parte del lavoro necessario sviluppato dalla macchina rimane impiegata passivamente nella trazione della macchina stessa; al contrario nei sistemi di trazione a macchina fissa si ha un assorbimento di lavoro motore, dovuto ad un'altra causa, cioè alla resistenza passiva del meccanismo di trasmissione di questo lavoro al convoglio.

Entrambi questi inconvenienti vanno crescendo d'intensità col crescere specialmente della pendenza della strada. Infatti nel caso della locomotiva diminuisce il rapporto fra il peso di questa e quello del convoglio: e nel caso del motore fisso crescono, quantunque meno rapidamente, le resistenze dell'apparecchio trasmettitore del moto, le quali rendono maggiormente passivo il sistema. Anzi in questo secondo caso un nuovo elemento, cioè la lunghezza della strada, interviene ad aumentare in grado maggiore tali resistenze o passività del sistema, a segno che al di sopra di un certo limite è forza dividere la lunghezza da percorrersi in più tronchi, ed applicare a questi singoli tronchi un apparato distinto per la trasmissione del lavoro.

E qui vuolsi ricordare che la potenza motrice della locomotiva ordinaria viene trasformata in potenza di trazione per l'intermezzo della forza di aderenza fra le sue ruote motrici e le rotaie della strada, la quale forza non è d'intensità illimitata ma soltanto ha un valore eguale ad una frazione del peso della locomotiva, frazione soggetta inoltre a diminuzione per l' influenza di varie circostanze abbastanza conosciute. Se quindi nel sistema di trazione con locomotiva ad aderenza naturale il mezzo di trasmissione del lavoro motore prodotto dalla macchina è semplice, onde in pari tempo esso sia capace di convertire integralmente la potenza motrice della locomotiva in lavoro di trazione, quanto più sono gravi le condizioni sovra menzionate del peso del convoglio, della pendenza e della curvatura della strada, altrettanto, solo per questo e comunque volesse limitarsi la velocità della corsa, diventerebbe necessario l'accrescere il peso proprio della locomotiva, ossia il peso passivo o morto da trasportarsi col convoglio utile propriamente detto.

In questi ultimi anni si è cercato di evitare in parte, per le ferrovie di montagna od a forte pendenza, il trasporto di un peso morto eccessivo, associando all'aderenza naturale, dovuta cioè al solo peso della locomotiva, un' aderenza artificiale provocata coll'aiuto di ruote orizzontali, le quali vengono premute mediante robuste molle contro una terza rotaia ausiliaria, od anche con-

tro le due guide del binario convenientemente inclinate. Pel medesimo scopo si è pure fatto ritorno all'antico spediente, tentato sin dall'origine delle strade ferrate a locomotiva, quello cioè di creare a questa un conveniente punto d'appoggio per la sua propulsione, armandola di ruote dentate formanti incastro con una dentiera giacente lungo la via. Ma se con simili mezzi e mediante proporzionale diminuzione della velocità fu dato di diminuire il peso morto della locomotiva, non è men vero che al peso morto ancora restante vennero ad aggiungersi le resistenze passive non piccole dei nuovi meccanismi di propulsione. — Le quali considerazioni, riferibili ai nuovi sistemi di ferrovie di montagna con rotaia centrale (sistema Fell) ed a dentiere (sistema Riggembach) spiegano come la locomotiva, malgrado queste modificazioni, non abbia potuto pervenire a superare col sistema Fell la pendenza del 8,50 per 0[0 all'incirca, e col sistema a dentiera quella circa del 25 per 0[0, trascinando seco a piccola velocità un peso utile uguale o poco superiore al peso proprio.

Dopo ciò non è a maravigliarsi se per la soluzione del problema di trazione sulle forti pendenze qualcuno si rivolse a studiare nuovamente i sistemi a motore fisso, e sopratutto quelli con trasmissione funicolare, il sistema atmosferico presentando difficoltà troppo gravi per rapporto alle spese di costruzione ed allo sperpero inevitabile di forza motrice. Rispetto al sistema funicolare poi è da osservarsi inoltre che, all'infuori delle già accennate grandi resistenze passive che presenta il meccanismo di trasmissione del moto al convoglio, le quali in pura perdita consumano la massima parte del lavoro sviluppato dal motore, se il piano inclinato si trovi in curva, come converrebbe il più sovente per risparmio di spese di costruzione, quelle resistenze crescono a dismisura e giunge presto il punto in cui il sistema non può più funzionare.

Or bene, egli è appunto alla ricerca del modo più conveniente di diminuire quelle resistenze specialmente in curva che con rara tenacità di proposito ha dedicato l'Ingegnere Tommaso Agudio tutta la sua mente e la sua attività per lo spazio di oltre quin-

dici anni, giacchè un primo modello del sistema di trazione da lui immaginato figurava all'Esposizione Nazionale di Firenze nell'anno 1861; poco dopo, cioè nel 1863, ebbe la sorte di essere assoggettato a prove in grande scala sul piano inclinato di Dusino dello antico tracciato della ferrovia Torino-Genova, ed esaminato da una Commissione del Governo Italiano e da molte Società Scientifiche ed Industriali. Presentato nell'anno 1867 all'Esposizione Internazionale di Parigi, con essenziali modificazioni, fu giudicato l'oggetto più importante fra quelli di pertinenza delle strade ferrate inviati a quella mostra, e meritevole del gran premio della medaglia d'oro. In seguito, fino all'applicazione del piano inclinato di Lanslebourg, le variazioni ed aggiunte arrecate dall'Ingegnere Agudio alla sua invenzione furono tali e tante da costituire quasi un sistema affatto nuovo. Per questo motivo noi, dispensandoci dall'entrare in particolari intorno alle diverse fasi per cui l'invenzione è passata, ci accingeremo a parlare di quella che deve formare il principale argomento alla presente relazione, vale a dire dell'applicazione fattane anche in grandi proporzioni, ed in condizioni veramente eccezionali di pendenze e curve, presso il villaggio di Lanslebourg sul versante francese del Moncenisio.

Cominceremo coll'accennare almeno con brevi parole i tratti caratteristici del concetto che ha guidato l'Ingegnere Agudio a quest'ultima disposizione del suo sistema che ha origine dal 1867. Anzi tutto egli si propose di sopravanzare con essa, per ciò che concerne le pendenze e le curve, tutto quanto erasi, a quel tempo, potuto ottenere cogli altri sistemi conosciuti di trazione, coll'intento non solo di rendere la sua invenzione applicabile a ferrovie industriali e di piacere, ma altresì di estenderla alle ferrovie di montagna in generale, affine di sostituirsi con minor dispendio di tempo e di danaro ai mezzi ordinari di trazione nei tronchi più difficili delle ferrovie, ove questi non diventano applicabili. Le condizioni del problema si riducono adunque a perfezionare il sistema di trazione funicolare ordinario a segno da poterne praticare l'applicazione anche alle curve

maggiormente risentite, con perfetta sicurezza della discesa nelle più forti pendenze, e con almeno mediocre velocità. A soddisfare queste condizioni non è atto il sistema funicolare ordinario, detto pure a *trazione diretta,* perchè il convoglio in esso viene direttamente attaccato alla fune motrice; con esso di fatti fa mestieri l'assegnare alle funi un diametro tale che ne risultano in enorme misura accresciute le resistenze passive del sistema, e ciò avviene perchè la fune, avendo comune la velocità col convoglio, deve sopportare per intiero, in uno alle resistenze proprie, la resistenza di trazione del convoglio medesimo. L'Ingegnere Agudio incominciò pertanto, a somiglianza di quanto si pratica colle trasmissioni telodinamiche, dal far camminare la fune motrice ad una velocità notevolmente superiore a quella del convoglio, frapponendo a questo ed alla fune un meccanismo recettore del lavoro trasmesso dalla fune medesima, e collocato sopra un carro speciale che egli denomina *locomotore.* In tal modo è chiaro che l'altro fattore del lavoro trasportato colla fune, cioè la tensione di quest'ultima, diventa minore, e la fune stessa abbisogna di un piccolo diametro; con che resta ad un tempo accresciuta di molto la sua flessibilità, e tolto in gran parte l'inconveniente, cioè che una quantità troppo grande di lavoro motore rimanga consumata nel vincere le resistenze proprie dello apparecchio di trasmissione di questo lavoro. Però l'impiego di un meccanismo recettore del lavoro fra la fune ed il convoglio, oltre al generare nuove resistenze inerenti a questo meccanismo, costringe altresì a trasportare col convoglio un peso morto, il peso cioè del carro locomotore; ma questa nuova resistenza è ben piccola cosa in confronto di quelle che si evitano per mezzo della trazione diretta su un piano in curva, poichè il peso del locomotore non è di grande entità, ed entro certi limiti può riguardarsi siccome costante rispetto a quello del convoglio ed alla pendenza della strada.

Un secondo carattere distintivo, degno di speciale menzione, del sistema funicolare Agudio, si è che la trasmissione del movimento della fune al locomotore ha luogo per semplice aderenza,

per guisa che non devesi temere alcuna troppo violenta strappata della fune. Infatti venendo a succedere, ad esempio, uno straordinario accrescimento nella resistenza da vincersi per muovere il convoglio, la fune, oltre ad un certo limite che non si può facilmente determinare, striscerebbe sulle puleggie del locomotore, dal che minori si fanno i pericoli di rottura.

L'Ingegnere Agudio, oltre ad ottenere un minor diametro per la fune motrice, obbligandola a camminare con velocità maggiore di quella del convoglio, riuscì a diminuire ancora questo diametro, facendo uso di due funi motrici, in luogo di una sola, sulle quali viene ripartito in egual misura il lavoro disponibile del motore. E ciò forma un nuovo pregio particolare dello stesso sistema relativamente al sistema funicolare ad azione diretta.

Onde porre termine a questi cenni preliminari sopra i più importanti caratteri distintivi del sistema Agudio, resta ancora a parlarsi di una parte sua essenziale, cioè dell'apparecchio di propulsione, su cui il carro locomotore, posto in movimento dalle due funi, piglia il necessario punto di appoggio per concepire unitamente al convoglio il moto di traslazione.

Il mezzo di propulsione praticato dall'Ingegnere Agudio consiste in una robusta e doppia dentiera verticale saldamente raccomandata ad una lungarina di legno che sta sull'asse longitudinale della strada. Due coppie di ruote dentate orizzontali, appartenenti al meccanismo del locomotore, fanno continuamente incastro coi due fianchi di questa duplice dentiera, sui quali esse sviluppandosi comunicano a tutto il convoglio il movimento di traslazione. La stessa dentiera forma, per così dire, la spina dorsale del sistema. Su di questa i convogli più pesanti trovano il voluto appoggio, sia per la propria propulsione, sia per potersi arrestare in caso di bisogno su qualunque punto del piano inclinato, sia per frenare la discesa. Questa dentiera arrecò al sistema un pregio che questo non possedeva in grado similmente efficace coll'antica fune centrale di aderenza, il pregio cioè di potersi acconciare anche alle più rudi incurvature della strada.

Da quanto si è fin qui esposto risultano abbastanza messi in

rilievo i vari mezzi ai quali l'Ingegnere Agudio ha immaginato di ricorrere per spogliare l'ordinario sistema funicolare a trazione diretta, da quella specie di rigidità che non gli concedeva di piegarsi alle esigenze delle ferrovie di montagna, epperò ne restringeva grandemente il campo delle applicazioni. Ed ora, dovendo passare ad esaminare se realmente l'esperienza in iscala sufficientemente larga, fatta del novello sistema Agudio al piano inclinato di Lanslebourg, abbia dato ed in quale misura la propria sanzione ai concetti del tutto razionali dell'egregio inventore, descriveremo in primo luogo, almeno succintamente, la disposizione adottata nello stabilimento del piano medesimo.

PARTE I

Brevi cenni descrittivi sul piano inclinato di Lanslebourg

Planimetria e profilo longitudinale della strada. — Secondo il primitivo progetto, il piano inclinato di Lanslebourg doveva essere lungo m. 2200 ed arrivare al punto culminante della grande strada nazionale del Moncenisio. Ma molte circostanze impedirono l'attuazione intera di questo progetto, e l'Ingegnere Agudio si trovò nella necessità di ridurre a soli m. 1337 circa la lunghezza assoluta del suo piano inclinato, mantenendovi però tutte quante le difficoltà contenute nel primo tracciato. Chi presentemente ancora, partendo da Lanslebourg, s'avvii verso la sommità del Moncenisio per la grande strada Nazionale, scorge, dopo un 500 m. di cammino a mano dritta, come un colossale serpente il quale colle sue varie spire di curvatura molto pronunciata sembra in atto di arrampicarsi pel dorso dell'erta montagna. Questo però non è altro che una semplice galleria di legno e ferro, la quale racchiude il piano inclinato che dobbiamo descrivere, proteggendo l'armamento della strada, e specialmente gli apparecchi della trasmissione funicolare, dalle valanghe e dalla inclemenza del clima.

La planimetria con tutti gli apparecchi accessori del piano medesimo, ed il profilo suo longitudinale trovansi disegnati nella prima delle tredici tavole unite alla presente relazione (Vedi fig. 1 e 2, Tav. I). Da questa tavola apparisce che il piano inclinato parte da un punto la cui altitudine è di m. 1441,19 sul livello del mare, e giunge a quella di m. 1792,50, così che la totale altezza verticale da esso superata risulta di m. 351,31. La lunghezza assoluta del piano è di m. 1337,80.

Orizzontalmente il profilo longitudinale del piano inclinato consta di sei curve e controcurve di raggio uniforme di m. 150, tutte separate tra di loro da un rettifilo, l'uniformità dei raggi convenendo in questo come negli altri sistemi a ruote dentate. Il punto più difficile del profilo riscontrasi fra gli ettometri 10 ed 11, dove cioè un tratto rettilineo di soli m. 41,46 di lunghezza trovasi frammezzo a due curve di verso contrario, ed in pendenza del 31,80 per 0[0. La lunghezza totale del piano è ripartita in rettifili e curve nella proporzione molto approssimata di 4 a 3.

L'unica opera d'arte che fu necessaria consiste in un ponte di legno in pendenza del 30,9 per 0[0, mediante il quale la strada attraversa il rivo Chargeur fra gli ettometri 2 e 3.

Armamento della strada. — La strada ha la larghezza ordinaria di m. 1,50 da asse ad asse delle rotaie, le quali sono a suola del peso di chilog. 17 per metro corrente (Vedi fig. 1_a, 2_a e 1_b, 2_b, Tav. VI e VII). Queste rotaie, per mezzo di arpioni internantisi in intaccature scolpite nella loro suola, sono raccomandate a traversine di legno, le quali fanno parte di una specie di intelajatura estesa a tutto il piano inclinato ed a sua volta con solidità bastante fissata al dorso della montagna nel modo seguente.

La galleria sovra menzionata, da cui è coperta tutta la strada, trovasi sostenuta lateralmente da robusti piedritti di legno saldamente infissi nel suolo. Internamente contro le due file di questi piedritti vengono per mezzo d'intaccature a collegarsi due longarine di legno con cui trovansi unite le traversine anzidette,

Alcune saette intermedie hanno per ufficio di accrescere la rigidità del sistema e d'impedire lo scorrimento e qualsiasi sconcerto nell'armamento. Sulle traversine, nel mezzo della larghezza della strada, corre una terza longarina, più robusta ancora delle precedenti e fermata sulle traversine medesime per mezzo di tiranti a vite. Serve questa longarina centrale (la quale emerge dal ballast in cui sono sepolte le traversine e le longarine laterali) a sostenere la dentiera di propulsione del sistema.

Dentiera di propulsione. — La dentiera di propulsione è una delle parti del piano inclinato molto abilmente concepita ed eseguita (fig. 1_a, 2_a ed 1_b, 2_b, Tav. VI e VII).

Essa venne fabbricata nell'officina dei fratelli Brunon a Rive-de-Gier in Francia; pesa chilog. 60 per metro corrente, ed ha un passo di $0^m,100$. Consta di vari pezzi rettilinei della lunghezza di m. 1,80, coi quali nelle curve può formarsi una linea poligonale che molto bene si sostituisce alla curva.

Questa dentiera presenta sui fianchi una duplice fila di denti verticali ottenuta semplicemente col piegare, secondo una linea serpeggiante, un nastro di acciaio della grossezza di 12 $^m/_m$, dell'altezza di $0^m,110$. I diversi segmenti successivi della dentiera sono sotto e sopra compresi fra due ganascie di ferro di $^m/_m$ 8 di grossezza, la cui sezione è quella di un *U* molto schiacciato coll'apertura rivolta in alto per la ganascia superiore ed in basso per quella inferiore.

Le due ali verticali, con cui viene così ad essere terminata la ganascia superiore lateralmente, servono di guida alle ruote dentate orizzontali del locomotore, le quali vi si appoggiano contro con apposite corone fuse colle ruote medesime.

L'altezza verticale dei denti è alquanto maggiore per la dentiera che non per le ruote di propulsione, onde queste non abbiano a trovarsi in contatto con la ganascia inferiore della dentiera al menomo cedimento delle rotaie della strada.

L'unione della dentiera propriamente detta colle sue ganascie è fatta per mezzo di grossi chiodi ribaditi rasente il fondo di ciascun vano della dentiera. Ad ogni m. 0,450 questi chiodi

sono surrogati da una robusta chiavarda a vite, con cui la dentiera viene fermata alla longarina di legno sottostante. In questa maniera ne conseguita che ogni segmento della lunghezza di m. 1,80 trovasi raccomandato alla longarina medesima mercè 4 chiavarde.

Osserveremo in fine che la continuità della dentiera fra due segmenti consecutivi è ottenuta facendo in modo che le ganascie di uno dei segmenti possano sovrapporsi per una lunghezza di m. 0,300 sopra la dentiera propriamente detta dell'altro segmento.

Puleggie stradali nei tronchi rettilinei e in quelli curvilinei. — Lungo il piano inclinato, le due funi motrici, le quali sono disposte parallelamente alle rotaie ed a piccola distanza da queste fuori del binario, trovansi sostenute e guidate da due sorta di puleggie, ad asse orizzontale pei tronchi rettilinei e ad asse inclinato nelle linee curve (fig. 1_a, 2_a; 1_b, 2_b, 3_b, Tav. VI e VII). Le prime di queste puleggie, che hanno m. 0,250 di diametro, sono collocate alla vicendevole distanza di m. 14. Assai minore, cioè di soli m. 3,60, è la distanza compresa tra due puleggie consecutive nei tronchi curvilinei, onde le funi possano meglio secondare le inflessioni della strada. Il diametro di queste ultime puleggie è di m. 0,320.

La disposizione delle due specie di puleggie è simmetrica per rapporto all'asse della strada, identica essendo quella delle due funi. La distanza d'asse in asse fra due puleggie situate sulla medesima sezione trasversale alla strada è necessariamente eguale a quella delle due funi, e di m. 2,530.

L'inclinazione data agli assi delle puleggie nelle curve verso la parte convessa della strada ha per oggetto di costringere meglio le funi a rimanere in contatto delle stesse puleggie sulla medesima zona. Su questa zona al metallo trovasi sostituita una guernitura di cuoio, rattenuta entro acconcia scanalatura onde aumentare l'aderenza tra la fune e le puleggie, e così evitare gli strisciamenti di quella su queste, i quali ingenererebbero un accrescimento di resistenza e l'usura delle funi. Pel medesimo

oggetto viene rivestito con treccie d'aloe il fondo della gola delle puleggie appartenenti alla linea retta.

Ogni precauzione infine fu messa in opera nella struttura di entrambe le specie di puleggie, sia per rendere continua il più possibilmente la lubrificazione dei loro perni di rotazione, sia per difendere questi perni dalla polvere.

Grandi puleggie di rimando alla sommità del piano inclinato; trasmissione telodinamica. — L'una e l'altra delle due funi motrici più volte menzionate sono continue o senza capi. Esse cioè partono dall'edificio contenente il motore e vanno al piede del piano inclinato; da questo piede si dirigono alla sommità del piano, seguendo le varie inflessioni della strada; dalla sommità del piano infine, esternamente al medesimo, fanno ritorno al motore, chiudendo così il loro circuito. Il senso del movimento delle funi, pei due rami che giacciono lungo il piano inclinato, è sempre diretto dal basso all'alto del piano; e diretto al contrario dall'alto al basso per gli altri due rami esterni. In conseguenza denomineremo rami ascendenti delle funi i primi due, e rami discendenti i secondi.

Ciò premesso, egli è manifesto che ai due rami discendenti si può, ed anzi devesi far percorrere un cammino diverso da quello dei rami ascendenti, scegliendo la linea più breve concessa dalle circostanze locali, allo scopo di diminuire le resistenze passive dell'apparecchio funicolare. Avvertendo che gli stessi rami discendenti prima di accedere al piede del piano inclinato, debbono passare sulle puleggie di trasmissione del motore, si comprende che la migliore disposizione desiderabile è quella in cui ciascun ramo discendente giace, in un colle puleggie medesime, nel piano verticale passante per la sommità e per il piede del piano inclinato: ma l'Ingegnere Agudio, non potendo per motivo della località soddisfare esattamente a questa condizione, non ha però tralasciato di avvicinarvisi il più fattibilmente, avuto riguardo alla relativa spesa d'impianto; dispose cioè i due rami discendenti in proiezione orizzontale secondo una linea poligonale di quattro lati, dei quali tre si trovano compresi fra la sommità

del piano e l'edificio del motore, ed il terzo fra questo edificio e l'origine dello stesso piano.

Alla sommità del piano inclinato ciascuna fune passa sovra una grande puleggia di rimando, del diametro di 4 m. ad asse orizzontale (fig. 1_b, 2_b, Tav. XIII), dopo cui la fune percorre l'accennata linea poligonale. Nei vertici poi di questa linea i cangiamenti di direzione delle funi si ottennero mercè l'impiego di puleggie ad asse verticale. Abbiamo creduto di descrivere un po' minutamente queste disposizioni, rese inevitabili dalla natura del luogo, perchè nel seguito ci occorrerà di doverle ricordare affine di darci spiegazione delle varie perdite di lavoro motore rilevate negli esperimenti che furono instituiti.

Per quel che riguarda i rami discendenti delle due funi, ci tocca di far notare ancora che queste tra l'un vertice e l'altro degli stessi rami trovansi appoggiate (fig. 1_e, 2_e, 3_e e 4_e, Tav. XIII) su apposite puleggie ad asse orizzontale a guisa delle note trasmissioni telodinamiche, per modo che i tratti di fune compresi fra due di tali puleggie consecutive in proiezione verticale prendono la forma di altrettante catenarie dissimetriche in causa della differenza di livello dei loro punti estremi. Noi in appresso designeremo col nome di trasmissione telodinamica il complesso dei rami discendenti delle due funi.

Puleggie tenditrici al piede del piano inclinato. — Anche al piede del piano inclinato le due funi sono mantenute nella debita direzione per mezzo di due puleggie ad asse orizzontale di grande diametro (fig. 1_c, 2_c, 3_c ed 1_d, 2_d, 3_d, Tav. XII) come nella sommità del piano, colla differenza però che queste puleggie non sono fisse, ma invece portate ciascuna da un castello di legno scorrevole sopra guide opportunamente disposte e tirate verso il prolungamento del piano da apposito contrappeso. Perciò esse prendono il nome di puleggie tenditrici ed hanno per oggetto di dare ai due tratti della fune rispettiva il grado necessario di tensione.

Abbiamo già osservato che di questi tratti uno viene dal motore, e l'altro va al carro locomotore; avendo presente la

direzione secondo cui si muovono i due rami discendenti ed ascendenti di ciascuna fune, non è difficile comprendere che entrambi i tratti di fune testè accennati sono lasciati come in uno stato di rallentamento tanto dal motore come dal locomotore. La qual cosa, affine di impedire il loro strisciamento sulle puleggie del motore e del locomotore, richiede che gli stessi tratti vengano amendue tirati continuamente verso il basso del piano con forza sufficiente. Tale appunto è l'ufficio degli anzidetti contrappesi, i quali oltre ciò sono mobili, onde i rami ascendenti delle due funi si possano prestare ai cangiamenti sensibili di lunghezza che al passaggio del locomotore nelle curve succedono nelle porzioni di questi rami, contenute tra il locomotore ed il piede del piano.

Edificio idraulico; presa e condotta d'acqua. — Il movimento a tutto il sistema è dato da una caduta d'acqua per mezzo di due turbini Girard ad asse orizzontale. La presa di quest'acqua è fatta dal rivo già da noi menzionato, le Chargeur (fig. 1ª Tav. I), mercè di una diga dalla quale dipartesi la condotta, tubolare alimentatrice delle due turbini. Questa condotta formata di tubi in lamiera di ferro (fig. 1_d, Tav. V) di diametro $0^m,660$ e di grossezza crescente da millim. 4 a 10 dal serbatoio di presa all'edificio delle turbini, ha per lunghezza 425 metri. Appena penetrata in questo edificio diramasi in due tubi minori, i quali mettono capo ai distributori delle due turbini. A monte di questa diramazione, pressochè sull'estremità del tubo maestro, sorge un altro tubo verticale chiuso nella parte superiore e destinato a fungere da camera d'aria per impedire i colpi d'ariete.

L'altezza totale della caduta d'acqua, che è quanto dire la differenza di livello di quest'ultima nel bacino di presa e nei canali di fuga delle turbini, può essere mediamente stimata di m. 133 e la capacità dello stesso bacino prossimamente di 5000 metri cubici.

Turbini; puleggie motrici fisse. — Le due turbini costituiscono un poderoso motore, della forza nominale di 900 cavalli vapore, costrutte nella fabbrica di Roy a Vevey in Svizzera

(Vedi Tav. II e III e fig. 3_a, Tav. IV, e 4_a, Tav. V). Esse sono a distribuzione parziale ed interna. Malgrado la considerevole pressione dell'acqua, gli otturatori dei due distributori possono manovrarsi simultaneamente e senza difficoltà mediante un apparecchio regolatore a stantuffo posto in movimento per opera dell'acqua stessa.

Le grandi puleggie motrici fisse, ossiano le puleggie di trasmissione del moto delle turbini alle due funi del piano inclinato, non ricevono direttamente questo moto dagli alberi delle turbini, ma trovansi montate sopra due alberi ausiliari, a ciascuno dei quali il movimento viene comunicato per via dello incastro di due ruote dentate cilindriche, che riduce la velocità delle puleggie a $^1/_5$ di quella delle turbini.

Ritenuta questa velocità, siccome il diametro delle medesime puleggie è di 4 m., ne conseguita per la velocità assoluta alla loro circonferenza, ossia per la velocità con cui abitualmente si muovono le funi, m. 10,466 per minuto secondo.

Sia calettando i rocchetti dentati degli alberi delle turbini, sia anche chiudendo le valvole a diafragma applicate ai tubi d'arrivo dell'acqua, si può far funzionare una sola delle due turbini indipendentemente dall'altra. Importa avvertire che per mettere il sistema in azione sempre si fanno camminare insieme le due turbini, le quali in modo distinto operano l'una su una e l'altra su l'altra delle due funi, cosa questa convenientissima, per non dire indispensabile, acciò le funi possano più liberamente prestarsi alle variazioni di tensione cagionate dalle curve della strada in maniera non eguale per le due funi. Per siffatto scopo l'Ingegnere Agudio, in luogo di appigliarsi al partito, forse preferibile, di impiegare separatamente per ciascuna fune due puleggie, l'una attiva e l'altra folle, montate rispettivamente sugli alberi ausiliari poc'anzi mentovati, immaginò la disposizione seguente. Sopra l'uno e l'altro degli stessi alberi poc'anzi mentovati, montò una sola puleggia a quattro gole, delle quali due trovansi circondate (fig. 1_b, 2_b, 3_b, 4_b, 5_b, Tav. IV) da un anello girevole; le due puleggie così costrutte sono inoltre situate l'una dirimpetto all'altra, per guisa che le gole senza anello e desti-

nate a trasmettere il moto alle funi della prima puleggia, corrispondono alle gole armate d'anello ed aventi il semplice ufficio di dirigere le funi della seconda puleggia. Ognuna poi delle funi s'accavalca due volte, e sempre per mezzo giro, su entrambe le puleggie, cioè per l'una di queste entro due gole prive d'anello e per l'altra puleggia entro due gole ad anello.

Locomotore. — Si dà questo nome ad un carro di forma e costruzione speciale, che ha per oggetto di ricevere il lavoro motore comunicato dalle turbini alle due funi, e trasmetterlo convenientemente modificato nei suoi due fattori, lo sforzo di trazione e la velocità, al convoglio. Sul piano inclinato di Lanslebourg trovansi due simili apparecchi, i quali portano rispettivamente i nomi di *Italia* e *Francia* (Vedi Tav. VIII e IX, X e XI). Questi due locomotori differiscono tra di loro soltanto negli apparecchi accessori destinati a moderare il movimento del convoglio durante la discesa. Consistono entrambi in una robusta intelajatura di ferro portata da due coppie di ruote ordinarie, le quali percorrono le due rotaie della strada. Fra i vari organi tutti raccomandati a questa intelajatura, dei quali sono forniti i due locomotori, faremo cenno dapprima di quelli che vengono adoperati per compiere la corsa ascendente del piano inclinato, incominciando dalle quattro ruote dentate orizzontali di propulsione, le quali, due a due simmetricamente, rispetto all'asse longitudinale della strada, formano incastro colla sottostante dentiera. Queste ruote sono portate ognuna da un albero di rotazione verticale e ricevono due a due il debito moto per mezzo di due coppie di ruote dentate d'angolo, da un albero orizzontale sovrastante, che porta nelle sue estremità due grandi puleggie a gola, puleggie del diametro di m. 2,50, alle quali, del pari che alle puleggie consimili montate sull'altro albero orizzontale, s'avvolgono le funi motrici. Ciascuna fune abbraccia le sue due rispettive puleggie per la mezza circonferenza esterna; ed è palese che non potrebbe funzionare con una sola di queste puleggie, perchè l'una è necessaria affine di dirigere la fune sull'altra, impedendone ogni tendenza ad uscire dalla gola di quest'ultima puleggia. Le grandi

puleggie motrici del locomotore hanno due a due l'albero comune, affinchè, venendo per avventura a spezzarsi una delle funi, si possa ancora continuare il cammino coll'altra fune solamente. Il rotismo dentato angolare, compreso fra lo stesso albero ed i due alberi verticali corrispondenti, in un colla differenza di diametro delle puleggie e delle ruote dentate orizzontali, riducono di un quarto la velocità da quelle a queste; per modo che, avuto riguardo che qui si parla soltanto della velocità di sviluppo delle funi sulle puleggie medesime, e di più che, oltre a questa velocità propria, le funi debbono avere comune col convoglio la velocità di traslazione, ne conseguita che la velocità assoluta delle funi viene a risultare eguale a cinque volte la velocità di traslazione del convoglio.

Le ruote dentate coniche degli alberi orizzontali delle quattro puleggie motrici sono folli sopra questi alberi, fino a tanto che il macchinista non chiuda convenientemente quattro innesti a fregamento, due a due applicati a ciascuno degli alberi stessi.

Prima che venga eseguita la chiusura coi detti innesti, le funi fanno girare le puleggie a vuoto. Il macchinista può dal suo luogo, per via di un sistema d'alberi, leve e tiranti comandati da una unica manovella, aprire o chiudere a volontà i quattro innesti simultaneamente; nel secondo caso le puleggie cessano dal girare a vuoto, perchè le ruote dentate coniche allora sono rese attive e quindi capaci di trasmettere il moto alle ruote dentate di propulsione sottoposte. Da tutto ciò risulta che in ogni punto della strada è in facoltà del macchinista mentre si ascende il piano inclinato di arrestare il movimento del convoglio indipendentemente da quello delle funi, ossia del motore, al che basta aprire gli innesti. Emerge altresì che sempre l'avviamento del convoglio si potrà ottenere gradatamente e senza la minima scossa, per essere il mezzo di trasmissione del moto sia delle funi alle puleggie, sia da queste agli alberi verticali del locomotore, la resistenza d'attrito.

La qual cosa ebbesi già a segnalare, quando qui addietro si tenne parola dei pregi caratteristici del sistema di trazione fu-

nicolare Agudio. Era molto importante di munire il locomotore di un apparecchio atto, durante la salita, ad impedire automaticamente ogni regresso del convoglio nel caso, per esempio, della rottura di qualcuno degli organi del movimento. Servono a questo scopo quattro nottolini di sicurezza, i quali, spinti da apposite molle, in ogni corsa ascendente battono continuamente contro i due fianchi della dentiera. Questi nottolini vengono poi allontanati dalla dentiera medesima coll'aiuto d'acconcio meccanismo a mano, ognivolta che devesi cominciare la discesa del piano inclinato.

Chi osserva il locomotore nel suo complesso facilmente s'avvedrà che, rispetto agli assi delle sue quattro ruote portanti, il medesimo offre una maggiore sporgenza nella parte anteriore. È manifestamente questa una lodevole disposizione, grazie alla quale trovasi soddisfatta la condizione di stabilità del locomotore anche sulle più forti pendenze, il suo centro di gravità su queste pendenze proiettandosi nel centro del rettangolo avente i suoi vertici nei punti d'appoggio delle anzidette ruote sulle rotaie della strada.

Meritevole pure di essere particolarmente menzionato è l'uso, concesso dalla duplice dentiera, di quattro ruote dentate di propulsione, invece di una sola che riscontrasi nella locomotiva a rotismo dentato, la quale presenta il grave inconveniente di concentrare la pressione in un solo punto. La distanza poi compresa fra i centri delle stesse ruote, su ciascun fianco del locomotore, è piccola abbastanza per non dare origine a sforzi anormali contro la dentiera nelle linee curve. Notiamo in fine che la continua ed esatta coincidenza del centro di gravità del veicolo coll'asse longitudinale del piano inclinato è resa sicura, oltrechè dagli orli dei cerchioni delle ruote portanti, dalle corone venute di getto colle quattro ruote orizzontali di propulsione, e le quali di continuo s'appoggiano contro le ali della ganascia superiore della dentiera.

Freni dei quali è fornito il locomotore **Italia.** — Venendo ora all'ultimo argomento che ci resta a trattare a compimento

della presente descrizione, a quello cioè che concerne i mezzi onde il carro locomotore trovasi provvisto per moderare, ed anche distruggere la forza viva del convoglio nella discesa del piano inclinato, consideriamo dapprima il locomotore *Italia*.

In esso tali mezzi sono in numero di tre, che si designano coi rispettivi nomi di *freno a ceppi*, *freno a tenaglia* e *freno a morsa;* apparecchi tutti a fregamento e mossi a mano.

Il freno a ceppi, capace da solo di arrestare il movimento del convoglio, almeno se la velocità non diviene eccessiva, è applicato ad ognuno dei quattro alberi verticali del locomotore, contro di una corona annessa alla ruota dentata conica degli alberi medesimi. Per ciascun albero si hanno due ceppi di legno, i quali vengono premuti contro la detta corona mediante un meccanismo a vite comandato da due manovelle, che però si è riconosciuto utilissimo di collegare tra di loro mercè di una catena di Galles, affinchè un solo uomo possa regolare simultaneamente l'azione di questo freno sui quattro alberi verticali. Tanto le corone sovra mentovate, quanto i ceppi del freno portano numerose scanalature di sezione triangolare, in guisa che l'apparecchio ha molta analogia coi rotismi dentati a cuneo. Avendosi oltre di ciò la precauzione di mantenere in modo continuo inafflate, ad esempio col mezzo semplicissimo di spugne imbibite d'acqua, le superficie confricantisi, non solo si giunse ad ottenere un freno di grande potenza, ma ancora di una regolarità che nulla lascia a desiderare, potendosi con esso moderare senza sbalzi ed a volontà la discesa su qualunque pendenza del piano inclinato.

Un secondo freno, il quale a differenza del precedente non dipende punto dagli organi del locomotore impiegati nell'ascesa del piano inclinato, prendendo invece il suo punto d'appoggio sopra una parte dell'armamento della strada, è il freno a tanaglia, consistente in due sbarre di ferro, della lunghezza di m. 0,500, le quali vengono serrate contro le faccie laterali della longarina centrale di legno della strada. Il macchinista può dalla sua piattaforma comandare questo freno mercè d'un meccanismo com-

posto di leve, viti di verso contrario e ruote dentate. Per mezzo di piccoli tubi di caucciù si fa giungere sulle superficie tra di loro in contatto un sottile filo d'acqua, onde impedire che rimanga incendiata la lungarina testé mentovata.

Il freno a morsa, finalmente, trovasi applicato alle corone di ciascuna coppia delle puleggie motrici del locomotore, e consiste in due dischi metallici, i quali per mezzo di un congegno a vite si fanno premere contro le dette corone. Durante la discesa del piano inclinato le funi d'ordinario sono immobili e le puleggie motrici del locomotore, essendo del tutto rallentati gl'innesti a fregamento, si sviluppano sulle funi medesime. Mercè i dischi ora accennati venendo ad impedirsi più o meno la rotazione delle puleggie, cangiasi l'attrito di sviluppo in attrito di strisciamento, creando una nuova resistenza alla discesa del convoglio. Va senza il dirlo che questo freno, il quale opera sopra le funi, parte importante e delicata del sistema, vuol essere impiegato con moderazione, ed il più possibilmente senza mai stringere a tutta forza le due morse.

Freno idraulico del locomotore **Francia.** — Il locomotore *Francia*, in luogo del freno a ceppi sovra descritto, è provvisto di un freno di natura speciale, detto *freno idraulico* perchè fondato sulla incompressibilità dell'acqua (Vedi Tav. X e XI). Mentre il convoglio discende, gli alberi verticali del locomotore, appositamente piegati a gomito, per via di tiranti a snodo fanno camminare avanti e indietro quattro stantuffi entro altrettanti corpi di tromba orizzontali. Le due camere di ciascuno di questi corpi di tromba sono in comunicazione tra di loro mediante un canaletto, di cui a volontà si può restringere con apposito otturatore la sezione di mezzo. Le stesse camere, in uno al rispettivo canaletto, sono mantenute ripiene d'acqua, la quale perciò trovasi costretta a circolare alternativamente da una camera all'altra. La resistenza che quest'acqua incontra nell'attraversare la sezione del canaletto di comunicazione, resa più o meno angusta, rimane trasmessa dagli stantuffi dell'apparecchio alle ruote dentate orizzontali di propulsione, e resta così rallentata la discesa del treno, che può moderarsi e rendersi uniforme.

La più piccola mancanza d'acqua potendo cagionare colpi d'ariete, epperciò la rottura dell'apparecchio, i tubi d'alimentazione dei quattro corpi di tromba vennero muniti di piccole valvole automatiche, le quali si aprono verso l'interno del corpo di tromba e permettono così lo immediato rifornimento d'acqua in ogni parte dell'apparecchio.

A rendere anzi maggiormente pronto lo schiudimento di queste valvolette compensatrici, al serbatoio d'alimentazione dei corpi di tromba va annessa una piccola tromba ad aria a mano, mercè della quale in questo serbatoio procurasi che regni una pressione di grado conveniente per tale scopo. Durante l'ascesa del piano inclinato gli otturatori dei quattro corpi di tromba vengono interamente aperti, ovvero anche si vuota l'apparecchio di tutta l'acqua contenutavi, chiudendone a suo tempo la comunicazione coll'accennato serbatoio, onde ridurre al minimo grado possibile la resistenza opposta dall'apparecchio al movimento del convoglio.

Sebbene l'idea di un così fatto freno non sia nuova, tuttavia è lecito l' affermare che questa è la prima proposta di applicazione pratica del medesimo.

Questo freno anche con piccole proporzioni è un apparecchio di grandissima potenza e d'azione talmente pronta da richiedere molte cautele nella sua manovra. È assai probabile che il medesimo convenga più quale mezzo moderatore che d'arresto del movimento del convoglio. Sgraziatamente nessuna di queste conclusioni si è potuta assoggettare alla sanzione di decisivi esperimenti, perchè questi, appena intrapresi, si dovettero interrompere per difetto di solidità in alcune parti dell'apparecchio.

Una circostanza da tenersi a calcolo nell' apprezzamento del valore pratico del freno idraulico, si è che il medesimo presenta un peso sensibilmente più notevole che non il freno a ceppi; sale infatti a 1200 chilog. per ognuno dei due locomotori di Lanslebourg, e non è quindi, manifestamente, trascurabile a fronte del peso non relativamente grande dei convogli.

Freni degli altri veicoli componenti il convoglio. — Essendo desiderabile che ciascuno dei veicoli formanti il convoglio utile rimorchiato dal locomotore posseda un mezzo proprio alla discesa, al che il freno ordinario ad attrito sulle ruote è presto insufficiente sulle forti pendenze, l'Ingegnere Agudio immaginò di estendere agli stessi veicoli l'impiego di un freno di bastante potenza, quale è appunto quello a tenaglia operante sulla longarina centrale della strada.

Però, la disposizione da esso adottata essendo pressochè identica a quella già descritta per il locomotore, ci dispenseremo dal farne ulteriore menzione.

Apparecchi di trapasso dalla linea Agudio ad altra ordinaria. — A Lanslebourg i carri si staccavano dal locomotore mediante piattaforma, lungo i fianchi della quale si abbassava la fune; nel caso che due piani Agudio si succedano, il trapasso dei veicoli si può fare a mezzo di scambi o con cavalli, od anche con apposita locomotiva, purchè si possa avere una sufficiente tratta in piano fra i medesimi.

Egualmente difficile si presenta l'innesto di un piano Agudio su una linea a locomotiva ordinaria; vari ripieghi furono abbozzati all'uopo, ma tutti presentano delle difficoltà, la precipua conseguenza delle quali consisterà nella perdita di tempo ed anche nella spesa.

Ma a questo riguardo la Commissione, non avendo avanti a sè un progetto regolare e definitivo su cui pronunciarsi, si dee limitare al presente cenno per segnalare questa difficoltà, la cui importanza sarebbe assai grave nei casi di traffico considerevole.

PARTE II

Del modo di funzionare del sistema Agudio

Personale d'esercizio, segnali, piattaforme per la composizione dei convogli, e morsa d'arresto delle funi. — Relativamente al personale occorrente pel servizio del piano inclinato,

lasciando in disparte quello che si riferisce alla sorveglianza e manutenzione della strada e dello apparecchio funicolare, ed alle varie manovre, diremo soltanto di quello necessario pel governo dei locomotori e delle macchine motrici e per la condotta dei convogli. Rispetto alle macchine motrici sono indispensabili un macchinista, a cui spetta la continua vigilanza dell'andamento delle turbini, ed un aiutante, il quale presti l'occhio alle diverse parti di un motore di forza così ragguardevole. Quanto poi al locomotore, l'esperienza ha dimostrato che bastano un macchinista ed un frenatore, alla condizione, ben inteso, che il freno a ceppi applicato ai quattro alberi verticali possa comandarsi per mezzo di una sola manovella. D'ordinario la manovra di questo freno è esclusivamente affidata al frenatore, mentre il macchinista riserbasi l'uso del freno a tenaglia ed all'occorrenza anche del freno a morsa; però sarà prudente tenere sul locomotore anche un uomo di fatica per ogni emergenza. I segnali pei guardiani della strada sono i consueti, vale a dire le bandiere ed il corno acustico. Anche il macchinista conduttore del convoglio è munito di corno che esso adopera nel modo che accenneremo tra breve. Era però necessario fra lo stesso macchinista e quello delle turbini un mezzo più pronto di comunicazione, in qualunque punto del piano inclinato si trovi il locomotore. — L'Ingegnere Agudio per questo mezzo ricorse al telegrafo: un filo telegrafico percorre tutta la strada ad altezza conveniente, mentre il locomotore va opportunamente munito di una spazzola metallica, la quale a volontà si può fare scorrere in contatto del filo medesimo. Nel tempo stesso tanto sul locomotore quanto nell'edificio delle turbini, presso la manovella di comando del regolatore di queste ultime, trovasi una macchinetta telegrafica, cosicchè è dato ai due macchinisti di corrispondere quando e dove possa offrirsi il bisogno.

Gioverà ancora un cenno intorno a due apparecchi necessari per la composizione dei convogli, e pelle riparazioni della strada o della trasmissione funicolare. Questi apparecchi sono la piattaforma girevole situata in origine del piano inclinato, di cui già ab-

biamo fatto menzione, e la morsa d'arresto delle funi. Cominciando da quest'ultima (Vedi fig^{e}. 1_b, 2_b, 3_b e 1_f, 2_f, 3_f, Tav. XIII) noteremo che essa viene fermata sulle traversine della strada, laddove occorre di rendere immobile l'una o l'altra fune. In tal modo si può della fune considerata rimuovere soltanto quel tratto che incaglierebbe la riparazione da farsi sulla strada. Il tratto medesimo si mantiene nella nuova posizione attaccando la fune ad uno o più ganci acconciamente disposti. Una operazione consimile si eseguisce sopra entrambe le funi per far passare i veicoli dal binario del piano inclinato su di un binario di servizio al piede del piano medesimo e reciprocamente. Sul primo binario a quest'uopo trovasi collocata una piattaforma girevole. La porzione della dentiera di propulsione, che viene ad essere sovrapposta a questa piattaforma, non è fissa coi tronchi della dentiera stessa a monte ed a valle della piattaforma, per segno che, fermate le due funi e rimossone un tratto conveniente, basta liberare la detta porzione di dentiera per poter compiere la composizione e la scomposizione dei convogli con facilità e conveniente speditezza.

Ascesa del piano inclinato. — Esaminando ora rapidamente le operazioni da eseguirsi durante l'ascesa.e la discesa del piano inclinato, dobbiamo osservare che, come praticasi per modo d'esempio anche colla locomotiva sulla ferrovia del Righi, tanto nell'uno, quanto nell'altro caso, il locomotore vuol essere collocato in tal posizione da poter sempre sostenere il resto del convoglio. Esso quindi spinge avanti a sè il convoglio utile nelle corse ascendenti, ed al contrario nelle corse discendenti, siccome il tutto viene liberamente abbandonato alla forza di gravità, il locomotore non fa altro che trattenere lo stesso convoglio utile.

S'immagini ora che siasi in procinto di intraprendere l'ascesa del piano inclinato. Il macchinista del locomotore, dopo essersi assicurato che tutti i freni sono rallentati e che i quattro nottolini di sicurezza trovansi in contatto della dentiera di propulsione, dà un colpo di corno per rendere avvertito della partenza il macchinista delle turbini, il quale tosto mette gradatamente

in moto le turbini e le funi. Trascorsi pochi minuti, il primo macchinista, pure per gradi, chiude i quattro innesti a fregamento del locomotore, con che il convoglio rimane solidale alla fune e si avvia.

Una consimile manovra si fa allorchè l'avviamento deve effettuarsi in piena via, anche sulla massima pendenza; in questo caso soltanto il macchinista delle turbini, resone avvertito, fa camminare in principio le funi ad una velocità alquanto maggiore di quella normale, a cui però riconduce il sistema appena che il convoglio si trovi avviato. Della qual cosa il macchinista delle turbini s'accorge facilmente osservando il movimento di queste, che allo stato di regime non debbono sorpassare di molto 250 giri per minuto primo. Giunto poi il convoglio presso al termine della ascesa, il macchinista del locomotore ripete i medesimi segnali come per la partenza, al che quello delle turbini arresta subito le funi, e nel frattempo il primo macchinista fa chiudere i freni, apre interamente gli innesti a fregamento, e per ultimo ancora allontana dalla dentiera i nottolini di sicurezza.

Per arrestarsi in un punto qualsiasi della salita, il macchinista del locomotore non deve far altro, se non rallentare gli innesti a fregamento,

Maniera con cui si effettuano le corse discendenti. — Ben più ardua della salita è la discesa del piano inclinato, la regolarità del moto dipendendo allora dall' abilità nell'uso dei freni. Durante la discesa, già dissimo, le turbini e le funi stanno immobili, ed il convoglio si muove sotto la sola azione della gravità. L'imperfetto impianto del piano inclinato di Lanslebourg presenta l'inconveniente che alla sua sommità il convoglio s'arresta sopra una livelletta avente ancora la pendenza di circa l'11 per cento. Ciò fa sì che ivi il convoglio quando è in riposo vuol essere trattenuto col conservare chiusi i freni di quantità conveniente: quando poi è da incominciarsi la discesa, il macchinista del locomotore, dato un colpo di corno per avvisare i guardiani della strada, è obbligato, per lasciar incamminare il convoglio, di aprire del tutto i freni medesimi, donde avviene

che in generale, per i primi istanti almeno, il convoglio concepisce una velocità alquanto forte, tanto più che gli stessi freni sebbene chiusi nuovamente poco appresso impiegano un certo intervallo di tempo a far sentire la propria azione resistente. Si ovvierà all'inconveniente procurando che alla sommità il convoglio possa arrestarsi sopra di un tronco di strada orizzontale, ed avviando poi la discesa col far camminare anche solo con debole velocità le due funi motrici.

L'uso dei freni, giusta quanto l'esperienza ha dimostrato di più vantaggioso a seguirsi, è questo: supposta già incamminata la discesa, il macchinista del locomotore chiude egli stesso di una certa quantità il freno a tanaglia, e poscia cerca di moderare la velocità del convoglio per mezzo del freno a ceppi, che il frenatore manovra sotto gli ordini del macchinista, onde non accada mai che le azioni dei due freni si contrariino a vicenda, massime se al macchinista occorre ancora di dover impiegare il terzo freno a morsa disponibile sul locomotore. Nel frattempo i frenatori degli altri veicoli del convoglio aiutano l'opera del macchinista mercè dei freni applicati a questi veicoli, cosa però che raramente si dovette fare a Lanslebourg, essendo quasi sempre bastati i freni del locomotore, specialmente col successivo migliorare del personale.

A circa 300 m. prima d'arrivare al piede del piano inclinato il macchinista del locomotore, per mezzo del telegrafo, avverte quello delle turbini onde far mettere le funi in movimento di piccola velocità. Allora, chiudendo leggermente gli innesti a fregamento, costringe le puleggie motrici del locomotore ad agire come da freno e così ad aumentare la resistenza per lo arresto più sicuro del convoglio al punto voluto; ripiego questo però del quale si dovrà ognora usare con molta parsimonia.

PARTE III

Degli esperimenti instituiti sul piano inclinato di Lanslebourg

Oggetto degli esperimenti instituiti. — Occorre ora di discorrere della parte più importante del còmpito affidato alla Commissione riferente, quella cioè che aveva per oggetto l'esperimentazione del sistema Agudio, quale questo fu applicato a Lanslebourg.

Esporremo dapprima succintamente il processo tenuto dalla Commissione negli esperimenti instituitisi; e poscia ci studieremo di ricavare in base ai risultati di questi esperimenti quale sia l'effetto utile massimo, di cui dal punto di vista meccanico il sistema medesimo è capace (1).

Siccome sovente accade, nell'esercizio del presente sistema di trazione, di dovere far camminare da solo, cioè a vuoto, lo apparecchio funicolare, ed è altronde necessario conoscere precisamente le resistenze passive di quest'apparecchio, così venne stabilito di sperimentare primieramente il sistema nello stato in cui questo si trova quando le funi si muovono sole, ed altro non fanno che produrre la rotazione a vuoto delle puleggie motrici del locomotore, alle quali sempre trovansi avvolte.

In seguito si passò a sperimentare il sistema nel caso in cui tanto per l'ascesa quanto per la discesa si fa percorrere il piano inclinato al solo carro locomotore. Si è creduto utile di instituire questo esperimento, affine di riconoscere quali sono le re-

---

(1) In un colla Commissione Italiana hanno assistito non solo, ma preso parte a questi esperimenti la Commissione governativa Francese e la Commissione delegata della Compagnia delle Ferrovie Francesi dell'Est, composta la prima dei Signori:

Conte Dumoulin, Ingegnere Capo dei Ponti è Strade;

Pelletan, Ingegnere ordinario delle Miniere.

e la seconda dei Signori:

Ing. Gerhardt, Ispettore della trazione della suddetta Compagnia;

Ing. F. Flaman, Capo dell'Uffizio studi della Compagnia medesima.

sistenze del locomotore ed il modo in cui si comporta nei due casi estremi, nei quali cioè esso non solleva che sè medesimo, ovvero innalza il massimo peso possibile.

Finalmente il sistema venne esperimentato nella sua condizione normale, quella cioè in cui unitamente al locomotore elevasi, ovvero discende, pel piano inclinato, un convoglio. Tanto in questo esperimento, quanto nei due precedenti, oltre ad un minuto esame dell'andamento generale del sistema, si fecero tutte le necessarie osservazioni rispetto alla velocità delle funi, che del convoglio ed anche delle turbini, del peso del convoglio medesimo, del grado di apertura dei distributori delle turbini, e ad ultimo ancora della quantità d'acqua consumata da queste nell'unità di tempo, allc scopo di venire poi a conoscere il valore del lavoro motore teorico speso per mettere il sistema in azione nei diversi casi.

Per poter quindi determinare la parte del vero lavoro motore somministrato, che è utilizzata, ossia convertita dal sistema in lavoro utile di trazione, occorreva considerare anche il sistema indipendentemente dal motore e misurare la quantità di lavoro effettivamente comunicata alle funi. Ciò si è fatto, scavalcando queste dalle grandi puleggie motrici fisse, e ricercando la quantità di forza che il motore trasmetteva alle medesime armandole del freno dinamometrico di Prony.

Esperimento delle funi mosse a vuoto. — In tutti gli esperimenti si è sempre cercato di dare ai distributori delle due turbini il grado di apertura necessario per mantenere il movimento del sistema, il più uniformemente possibile, in quella velocità che, giusta la dichiarazione dell'Ingegnere Agudio, è solo conveniente di raggiungere nell'esercizio normale del piano inclinato. Abbiamo già detto che mediamente, sia nella ascesa che nella discesa, questa velocità è di 250 giri, misurata angolarmente sulle turbini, di metri 10 per 1″, valutata linearmente sulle funi, e di 2 metri per 1″ osservata sul convoglio.

Quest'ultimo numero rappresenta dunque la velocità di traslazione del convoglio e corrisponde a chilometri 7,200 per ogni

ora. In proposito delle osservazioni fatte sulle turbini dobbiamo ancora avvertire che, quantunque queste osservazioni siano state raccolte su una sola delle turbini, tuttavia i risultati ottenuti sono estensibili anche all'altra turbine, perchè entrambe sono perfettamente in condizioni identiche.

Quanto dunque all'esperimento eseguito colle sole funi mosse a vuoto, cioè semplicemente avvolte alle puleggie motrici del locomotore rese folli, diremo come in questa condizione di cose, il sistema siasi fatto camminare prossimamente in modo uniforme all'anzidetta velocità per un determinato intervallo di tempo, osservando di 30 in 30″ sia il grado d'apertura dei distributori delle turbini, sia il loro numero di giri, letto su di apposito contatore; e l'ampiezza totale di apertura dei distributori delle due turbini essendo di 50 centimetri si è potuto riconoscere che onde imprimere alle funi la velocità di 10 m. per minuto secondo è mestieri prossimamente di mantenere gli stessi distributori aperti di 3 centimetri, a cui corrispondono all'incirca 250 giri delle turbini per 1 minuto primo.

Ascesa e discesa del piano inclinato col solo locomotore **Italia.** — Dopo l'esperimento delle funi a vuoto se ne istituì un secondo col solo locomotore Italia, facendoglisi percorrere l'intiero piano inclinato in ascesa e discesa. In amendue i casi, oltre alle osservazioni precedenti dell'apertura dei distributori delle turbini e del numero dei giri di queste di 30 in 30″, venne pure notato il tempo impiegato dal locomotore a descrivere ciascun ettometro di strada, ad oggetto di poter apprezzare il grado di regolarità del movimento massime nella corsa discendente.

Sommando gli spazi parziali e gli intervalli corrispondenti di tempo, si ottenne poi la velocità media nei due casi.

Con queste osservazioni, oltre all'avere gli elementi per ricavare poi, mediante l'applicazione del freno di Prony, la misura del lavoro fatto, si venne a conoscere se l'andamento delle turbini segue di pari passo le accidentalità della strada.

I risultati ottenuti furono i seguenti. — Il locomotore *Italia* in pieno assetto di servizio pesa chilog. 11.977, al quale peso

aggiungendo quello di 9 persone che vi erano sopra oltre il macchinista ed il suo aiutante, vale a dire chilog. 675, si ha pel peso totale trasportato chilog. 12.652; con questo peso s'impiegarono nella ascesa 8′ 20″ a percorrere una lunghezza del piano inclinato di m. 1100, cui corrisponde la velocità media di m. 2,20 per 1″ e per la pendenza media del 27,4 per cento, cioè con una altezza totale superata di m. 246. L'apertura media dei distributori delle turbini, durante la corsa ascendente, è stata di centimetri 8, il numero dei giri delle turbini 263 per ogni 1′. — L'ascesa avvenne con una sufficiente regolarità; all'incontro la discesa fu assai irregolare ed accompagnata da continue scosse, pel motivo del non essersi inafflati con acqua i quattro freni a ceppi e della poca abilità del frenatore, come in seguito ulteriori esperimenti hanno dimostrato.

Esperimento fatto collo stesso locomotore **Italia** *unitamente al massimo convoglio.* — Rimaneva a considerarsi il sistema nella sua piena attività. A quest'oggetto venne l'Ingegnere Agudio invitato a comporre un convoglio completo, il quale giusta il suo giudizio fosse il massimo compatibile colle condizioni tutte del piano inclinato di Lanslebourg, vale a dire segnatamente ai limiti della potenza del locomotore, della trasmissione funicolare e della solidità dell'armamento della strada. Il convoglio allestito con questi intendimenti dell'inventore, risultò formato del locomotore *Italia,* del locomotore *Francia,* col proprio meccanismo operante a vuoto, e di un carro da merci delle Ferrovie Francesi dell'Est carico di rotaie e pezzi di dentiera di propulsione.

Avuto il debito riguardo delle resistenze passive del meccanismo appartenente al secondo locomotore (1), il peso totale o lordo di questo convoglio venne stimato di chilog. 36.055 da intendersi ripartiti fra il vero locomotore ed il convoglio utile come segue: locomotore *Italia* chilog. 11.977; convoglio utile rimorchiato dal

(1) Vedi Nota *B*.

medesimo chilog. 24.078. Analogamente a quanto operossi col solo locomotore *Italia*, si effettuarono col presente convoglio una salita ed una discesa del piano inclinato, raccogliendo le stesse osservazioni dell'esperimento precedente; ed eccone i risultati.

Nella salita lo spazio percorso fu di m. 1189,50, il tempo totale impiegato di 9′ 56″, donde conseguita una velocità media di m. 2,00 al 1.″ Il grado medio d'apertura dei distributori delle turbini ed il numero dei giri di queste per 1′ sono stati rispettivamente di cent. 15,08 e 246,6. Nella corsa discendente si ebbero: spazio 1189^{m},50; tempo 7′ 22″; velocità media 2^{m}69. Come era da attendersi perchè in questo esperimento le condizioni di funzionamento del sistema sono quelle normali, durante la ascesa si trovò confermato il fatto che al crescere del carico trasportato diventano minori le variazioni di velocità delle turbini.

Esperimenti eseguiti col freno dinamometrico di Prony. — Per trovare la forza delle turbini coi diversi gradi di apertura delle valvole rilevati nelle ora dette esperienze, servirono, oltre a parecchi esperimenti col freno di Prony, previamente instituiti nel mese di Luglio da uno dei membri della Commissione a ciò delegato appositamente, quelli altri cui la Commissione medesima addivenne nell'agosto tosto dopo le fin qui esposte osservazioni. Mercè l'apparecchio dinamometrico in discorso applicato ad una delle due turbini, affatto fra loro identiche, si cercò il lavoro prodotto non solo pei sovraindicati diversi gradi di apertura del suo distributore, e mentre la medesima camminava prossimamente alla velocità di regime del sistema, ma si interpolarono anche altre osservazioni onde dedurre la scala della forza delle turbini per ogni grado di apertura. Il freno venne applicato sull'albero della rispettiva puleggia di trasmissione del movimento alle funi, dopo di aver scavalcate queste da quelle. Dovendosi ognora misurare quantità molto considerevoli di lavoro, epperciò caricare il braccio del freno di grossi pesi, incomodi da collocarsi a sito, fu giocoforza procedere per tentativi, aumentando cioè di uno a due per volta questi pesi, ed aprendo gradatamente il distributore, per cer-

care di ottenere la corrispondente posizione d'equilibrio del freno coll'aiuto della sua vite regolatrice (Vedi fig. 1_a e 2_a Tav. II e III, e fig. 3_a Tav. IV). Talvolta, affine di ottenere una velocità più vicina a quella di regime del sistema, oltre allo stringere più o meno la vite del freno, si dovette eziandio variare di alquanto l'apertura del distributore.

Quanto precede basta a spiegare il perchè nella tabella definitiva dedotta da questi esperimenti dinamometrici (Nota B) non si contengono i precisi gradi di apertura dei distributori riferentisi ai tre esperimenti instituiti sul sistema. Però la misura delle quantità di lavoro corrispondenti ai detti gradi d'apertura dei distributori ed in generale ad una data apertura qualunque compresa nei limiti della tabella, si trova ricorrendo ad un calcolo di interpolazione che si può ritenere sufficientemente esatto. Così appunto operando si ebbero i risultati seguenti:

Lavoro motore misurato sugli alberi delle puleggie di trasmissione in cavalli-vapore.	Allorquando le funi si muovono a vuoto	cavalli-vapore	100,91
	Allorchè salì il solo locomotore *Italia*	idem	242,42
	Quando si ascende il piano con un convoglio	idem	444,15

Misura del volume d'acqua smaltita dalle turbini e del lavoro teorico della caduta d'acqua. — Sebbene, per difetto di mezzi, non siasi potuto ottenere una misura abbastanza soddisfacente della portata della condotta, cioè del volume d'acqua somministrato nell'unità di tempo alle due turbini nei tre esperimenti più volte accennati, pure non ometteremo di citare qui i risultati eziandio di questa misura, affinchè almeno in modo approssimativo ci sia dato di determinare, in un coll'effetto utile speciale del sistema Agudio, anche l'effetto utile finale riferito alla applicazione fattane a Lanslebourg.

Per procedere all'anzidetta misura venne, mediante una diga, praticato uno stramazzo sopra il canale di fuga di una delle turbini, la cui sezione trasversale è un rettangolo; ed a più riprese

durante ogni esperimento si misurò l'altezza dell'acqua sulla soglia dello stramazzo, nel punto in cui comincia la contrazione della vena o la chiamata allo sbocco. L'operazione fu ripetuta pelle tre serie d'esperienze sovra descritte; ma nella seconda, quella cioè col solo locomotore *Italia*, ogni operazione andò fallita, avendo l'impeto della corrente scossa e trascinata via la diga.

Oltre l'altezza dello stramazzo avendone la larghezza, che nel caso presente era quella stessa del canale, colle formole note si calcolò il valore della portata della condotta per ciascuno dei due esperimenti riesciti, quelli cioè nei quali si fecero lavorare le funi a vuoto, ovvero venne innalzato il convoglio lordo di chilog. 36.055. Moltiplicando in seguito il doppio di questa portata valutata in m. c. per 1000 e per l'altezza totale della caduta d'acqua, ossia per la differenza di livello dell'acqua nel bacino di presa e nei canali di fuga delle due turbini, si ricavarono i valori corrispondenti del lavoro motore teorico in cavalli-vapore. Questo lavoro fu trovato, pel caso delle funi mosse semplicemente a vuoto di cav. vap. 164,37, per quello dell'innalzamento del convoglio lordo di chilog. 36.055 di cav. vap. 543,14. Coi quali numeri confrontando quelli ottenuti negli esperimenti per mezzo del freno di Prony, si hanno nei due casi pel coefficiente di rendimento delle turbini (rispettivamente) 0,611 e 0,817, valori invero entrambi eccessivi, se si pon mente a che le due turbini, coi distributori aperti soltanto di 3 e 15 centimetri sopra 50, apertura totale, non possono considerarsi nemmeno come nelle condizioni di funzionamento normale, anzichè di rendimento massimo.

Effetto utile del sistema Agudio; effetto utile caratteristico, ed effetto utile definitivo. — Le cifre fin qui riportate valgono per inferirne prima la ripartizione del lavoro motore speso nel lavoro utile, e nei diversi lavori resistenti delle funi del locomotore e del convoglio, e poscia ancora l'effetto utile del sistema. Come basi di queste ricerche, essendo l'altezza della porzione del piano inclinato percorsa negli esperimenti di m. 308,74 e la lunghezza corrispondente assoluta m. 1189,50, si è ritenuta la pen-

denza media in m. 0,2595 per metro, e si suppose di 4 chilogr. per tonnellata il coefficiente di resistenza alla trazione dei veicoli sopra di una ferrovia orizzontale.

Con simili dati pel caso dell'ascesa del convoglio lordo di chilogr. 36.055, od utile di chilogr. 24.078, avvenuti alla velocità media di 2m,00 al 1″ (chilometri 7,200 all'ora), si trova che il lavoro di cav. vap. 444,15 prodotto sugli alberi delle grandi puleggie motrici fisse è rimasto ripartito come apparisce dal seguente prospetto:

Lavoro consumato dalla trasmissione funicolare ed assorbito dalle resistenze passive proprie del locomotore	cav. vap.	190,94	ossia per °/₀	43,0
Lavoro perduto per l'elevazione del peso morto del locomotore, riguardato come semplice veicolo	« «	84,11	«	18,9
Lavoro utile effettivamente prodotto e corrispondente al lavoro di trazione del convoglio utile	« «	169,10	«	38,1
Totale	cav. vap.	444,15	«	100,0

In ogni macchina operatrice, cioè avente per ufficio di trasformare il lavoro meccanico in qualche prodotto industriale, qual'è, ad esempio, come nel caso attuale la trazione di un peso su per un piano inclinato, sono da distinguersi due effetti utili. L'uno di questi ultimi, denominato effetto utile *speciale o caratteristico* del sistema, è il rapporto che passa fra la quantità di lavoro effettivamente utilizzata o convertita nell'anzidetto prodotto industriale e la totale quantità di lavoro fornita al primo mobile della macchina onde metterla in azione.

L'altro effetto utile, che dicesi invece *definitivo*, consiste nel rapporto fra la quantità di lavoro utilizzata o trasformata sempre in quantità equivalente di prodotto ultimo della macchina alla quantità di lavoro motore realmente speso, cioè fornito, non alla macchina operatrice considerata da per sè sola, ma alla macchina con cui è procacciato lo sforzo motore.

Queste considerazioni ci torneranno più tardi in acconcio per instituire anche il paragone fra il sistema funicolare

Agudio e gli altri sistemi di trazione. Facendone intanto l'applicazione al caso concreto del piano inclinato di Lanslebourg, in cui trovasi utilizzata una caduta d'acqua, si conchiude che per effetto utile caratteristico del sistema Agudio devesi intendere il rapporto che passa fra il lavoro richiesto per la trazione del convoglio utile su pel piano medesimo ed il lavoro disponibile sugli alberi delle due grandi puleggie motrici fisse, mentre il suo effetto utile finale o definitivo è il rapporto fra il lavoro utile di trazione del convoglio ed il lavoro motore fornito dalla caduta d'acqua alle turbini. Come desumesi dai precedenti dati, per lo stesso piano inclinato, il primo di questi effetti utili sarebbe uguale a $\frac{169.1}{444.15}$ ossia il 38 circa per cento.

Siccome poi nello stesso caso dell'innalzamento del convoglio lordo di chilogr. 36.055 ebbesi per rendimento delle turbini l'82 per cento, così sarebbe pure da conchiudersi che l'effetto utile definitivo del sistema Agudio nel caso particolare di Lanslebourg ammonta a $0,82 \times 0,38$, ossia al 31 per cento.

PARTE IV.

Osservazioni sui risultati sperimentalmente ottenuti

Imperfezioni del piano inclinato di Lanslebourg. — La sola ispezione del prospetto poc'anzi riferito basta a far rilevare la perdita assai grave di lavoro motore, che nel sistema Agudio è cagionata dal meccanismo di trasmissione funicolare, ad onta che, come si è osservato in principio, l'inventore siasi fissato per iscopo precipuo quello di attenuare grandemente le resistenze passive proprie dell'ordinario sistema funicolare a trazione diretta. È ovvio che in teoria il sistema Agudio deve essere suscettibile di un effetto utile maggiore di quello ricavato sperimentalmente: se in pratica non si potrà mai raggiungere l'effetto utile di 0,55 che darebbe la teoria, secondo la Nota *D*, è però probabile che il coefficiente di 0,70, ivi proposto da ap-

plicarsi all' effetto teorico per le pratiche applicazioni possa ridursi; intanto non è difficile il dare una spiegazione soddisfacente di una parte della diversità dei due effetti utili, nel caso di cui si tratta, per poco che riflettasi all'impianto di natura provvisoria e sommamente imperfetto del piano inclinato di Lanslebourg.

Citeremo, in appoggio di questa asserzione, due fatti, che sono ad un tempo forse i principali a rilevarsi, onde dimostrare che il ragguardevole dispendio passivo di forza motrice sovra menzionata vuolsi attribuire non per intero al sistema in sè, ma a difetti inerenti alla applicazione speciale di Lanslebourg e che in un' altra applicazione potranno forse diminuirsi. Il primo di tali fatti sta in ciò che le funi motrici hanno il diametro ed il peso eccedenti lo stretto necessario, perchè l'Ingegnere Agudio aveva dapprima in animo di costruire una linea più lunga; questa fune, come venne applicata, non soffre difatti che uno sforzo all'incirca di 10 chilogr. al millim. quad. mentre, per essere la medesima d'acciaio, potrebbe francamente assoggettarsi anche ad una tensione di 12 chilogr.

Ora è noto quanta influenza questo elemento possa esercitare sul consumo di lavoro motore. Il diametro maggiore del necessario accresce la rigidezza delle funi ed il peso pure eccedente il bisogno aumenta considerevolmente la loro tensione, donde un non piccolo accrescimento delle resistenze passive del sistema.

L'altro dei fatti accennati, che pure ha in qualche misura contribuito a rendere tanto intense le resistenze passive del piano di Lanslebourg, risiede nel non essersi vinte, anche a costo di maggior spesa, alcune difficoltà locali che hanno indotto l'Ing. Agudio a foggiare le due linee telo-dinamiche esterne al piano inclinato a guisa di linee spezzate in proiezione orizzontale laddove appunto le funi debbono risentire le più forti tensioni. A più di 30 sommano le puleggie orizzontali direttrici che per l'intervallo medesimo si dovettero collocare nei vertici per deviare convenientemente le funi.

Si arroge a ciò che per questo oggetto vennero impiegate

puleggie in grande numero e di piccolo diametro, invece che una sola puleggia di grande diametro per ogni vertice. Questa disposizione deve manifestamente aver aumentato notevolmente le resistenze passive dell'apparato funicolare, in causa delle troppo numerose inflessioni delle sei puleggie di piccolo diametro; ed unitamente all'altro fatto di anzi segnalato, spiegano abbastanza la sfavorevole condizione in cui il piano inclinato di Lanslebourg si trova per rapporto all' utilizzazione della forza motrice.

Accrescimento di resistenza all'aumentare della lunghezza del piano inclinato. — I sistemi di trazione funicolare, diretta od indiretta, per cagione sempre delle resistenze passive inerenti a questo mezzo di trasmettere l'azione del motore al convoglio, sono solo applicabili a piani inclinati di limitata lunghezza. Dovendosi percorrere una maggiore distanza è forza, come abbiamo notato, l'accontentarsi di discontinuità nell'applicazione del sistema costruendo più piani inclinati in luogo di un solo. Sarebbe di grande interesse, per poter stabilire il limite massimo di lunghezza esercibile con una sola fune, il cercare in quali proporzioni aumentino con essa le resistenze passive del sistema. Dagli esperimenti instituiti a Lanslebourg e dalle formole di cui nella Nota *D*, nulla si può in modo certo desumere per la soluzione di questa questione di natura molto complessa, perchè colla lunghezza deve in generale variare un altro importante elemento che è il diametro delle funi.

Un mezzo approssimativo di calcolo consisterebbe nell'ammettere che le resistenze di 101 cavalli trovate a Lanslebourg crescano in ragione della lunghezza del piano da costruirsi; questa ipotesi però serve solo dove la fune non cambi di diametro. Diversamente si può anche ricorrere al calcolo risolvendo il problema per tentativi, col prendere cioè dei diametri di fune prossimamente corrispondenti a varie lunghezze, e cercare in tali casi l'effetto utile del sistema, arrestandosi poi a quella lunghezza che avrà dato un effetto utile insufficiente. D'altronde rimanendo costante il peso del locomotore, e le resi-

stenze della fune assorbendo nel caso di Lanslebourg meno del quarto della forza occorrente al rimorchio del treno, è ovvio che l'effetto utile totale decrescerà in ragione minore di quello con cui cresce la lunghezza del piano.

È qui opportuno di far notare un'altra avvertenza da aversi nel giudicare qualsiasi sistema di trazione funicolare, epperciò anche il sistema Agudio applicato a piani inclinati di maggior lunghezza; ed è che per maggiori lunghezze non devesi credere che necessariamente s'abbia a diminuire il carico da trasportarsi. L'ulteriore accrescimento delle resistenze passive del sistema può essere sopportato dal suo motore, che bisognerà allora costruire di maggior potenza. È questa considerazione di grande rilievo nel calcolo del traffico a cui può dare sfogo un piano inclinato del sistema Agudio, quando di questo piano varia soltanto la lunghezza.

Sforzo a cui lavorano le funi nel sistema di Lanslebourg. — Per terminare la ricerca teorica della massima lunghezza assegnabile ad un piano inclinato secondo il sistema di trazione Agudio, è ovvio che, dopo d'aver calcolato le resistenze passive che corrispondono ai piani di lunghezza differente, bisogna trovare il valore della tensione massima sofferta dalle funi, quale si misura sulla puleggia motrice dove le funi debbono ricevere e trasmettere l'intera forza del motore, togliendo la resistenza della trasmissione telo-dinamica e della puleggia di rimando, ed aggiungendo la componente della gravità della fune. Conoscendo questa tensione massima, si otterrà il diametro della fune, dividendola per il coefficiente di resistenza del metallo; e se questo non coinciderà bastantemente col diametro introdotto nella formola dell'effetto utile, come sopra si è detto, converrà ripetere il calcolo col diametro ritrovato e rinnovare i tentativi per ottenere la massima lunghezza di linea che con una fune di diametro competente dia un effetto utile conveniente.

Giornale d'esercizio del piano inclinato di Lanslebourg. — Onde accertarsi se in ogni sua parte il piano inclinato a trazione funicolare di Lanslebourg fosse realmente suscettivo di reg-

gere ad un esercizio pratico, la Commissione Italiana volle ancora sottoporre il piano stesso regolarmente ad una serie di ulteriori prove. Le quali vennero prolungate per l'intervallo di un mese all'incirca, dedotti i giorni di riposo.

Rimaneva specialmente insoluta la questione gravissima della regolarità della discesa, e questa abbiamo già detto essersi raggiunta in modo, che più nulla quasi lascia a desiderare mercè il perfezionamento del freno a ceppi del locomotore *Italia* ed il miglioramento del personale di servizio. Le osservazioni riferentisi a coteste prove trovansi raccolte nei quadri costituenti la Nota *C* annessa alla presente relazione: esse fanno fede abbastanza che il sistema Agudio, malgrado che in apparenza sembri di natura complicata e delicata, oramai offre anche quelle guarentigie di sicurezza e regolarità che sono desiderabili in un sistema di trazione, per poterlo dichiarare meritevole d'essere annoverato tra quelli aventi un valore pratico: rimane però la questione del logorìo degli apparecchi, la cui entità non potrebbe apprezzarsi se non dopo un esercizio assai più lungo di quello che si potè ottenere per le prove.

PARTE V

Paragone del sistema Agudio con altri sistemi di trazione, e conclusione

Del sistema Agudio applicato in condizioni di pendenze e curve meno spinte di quelle di Lanslebourg. — Avendo riguardo alle pendenze ed alle curve, cui finora vennero applicati gli altri sistemi conosciuti di trazione, ed ancora al carico su di esse trasportato, non si può a meno di asserire che l'Ingegnere Agudio volle a Lanslebourg spinger l'applicazione del suo sistema a tutta oltranza. Tuttavia anche in queste eccezionali condizioni si è trovato, in appoggio ad esperimenti eseguiti colla massima cura e col lume della teoria (Vedi Note *B* e *D*), che l'effetto utile caratteristico del sistema, ove l'impianto di questo venga fatto

meno imperfettamente che non a Lanslebourg, riescirà superiore al 38 per cento. Dopo di ciò è ovvio che questo effetto utile andrà scemando col crescere della lunghezza del piano inclinato, ma per contro aumenterà di mano in mano che rispetto alle pendenze ed alle curve si starà più sotto ai limiti eccezionali di Lanslebourg.

Difatti, supponendo costanti la lunghezza del piano inclinato, il peso del convoglio trasportato e la velocità di traslazione del medesimo, è palese che scema di molto in valore un elemento importantissimo, la componente cioè parallela al piano, del peso proprio del locomotore e di quello delle funi che evidentemente entra nelle sue resistenze passive, come lo dimostrarono i risultati della prova, quantunque non se ne possa teoricamente ricavare il vero valore.

Del sistema Agudio con motore a vapore. — È però giusto l'aggiungere che i vantaggi del sistema Agudio debbono grandemente rimanere attenuati allorchè non si possa disporre della forza pressochè gratuita di una caduta d'acqua, giacchè il valore economico del sistema dipendendo non solo dall'effetto utile definitivo, che ha meno importanza dove si utilizza un motore idraulico, ma ancora da quello caratteristico, che nel sistema Agudio come si vede non è soverchio, scorgesi di leggieri che il campo delle sue applicazioni realmente utili restringesi ai casi in cui non si possono evitare le forti pendenze e le curve di piccolo raggio e di più alle località nelle quali la forza motrice riescisse di poco costo.

Utilizzazione del lavoro fatto nella discesa. — In proposito del sistema in esame venne suggerita la possibilità di utilizzare il lavoro della forza di gravità nella discesa dei convogli. Due modi furono accennati per attuare questa idea, cioè, sia rendendo attive durante la discesa le puleggie motrici del locomotore, ciò che produrrà il movimento delle funi utilizzabile per raccogliere una notevole quantità di lavoro in un apparecchio accumulatore, sia ricorrendo al principio dei piani inclinati automotori coll'ap-

plicare i rami esterni dell'attuale disposizione ad un secondo binario.

Ma oltrecchè evidentemente mezzi somiglianti non sarebbero applicabili che a ferrovie isolate, ad uso industriale per esempio, e mai in generale a ferrovie destinate ad un traffico di qualche riguardo, la loro attuazione potrebbe arrecare difficoltà e spese fuor di proporzione coll'utile sperabile.

Paragone del sistema Agudio con quello funicolare a trazione diretta e col sistema atmosferico — Poco intorno a questo paragone ci resta ad aggiungere dopo quello che già abbiamo detto nell'introduzione alla presente relazione. Relativamente al sistema funicolare ordinario a trazione diretta abbiamo nella Nota *G* raccolto molti dati ad oggetto di far conoscere sin dove si è pervenuti nell'applicazione di questo sistema, considerato in tutte le sue varietà di fune a capi liberi, di fune senza fine e di piano parzialmente od interamente automotore.

Fra gli esempi riportati in questo quadro niuno ve ne ha con curve, le quali nemmeno si avvicinano a quelle del piano inclinato, che oramai è lecito dire ha fatto meccanicamente buona prova a Lanslebourg.

Rispetto al sistema pneumatico l'esperienza fino al presente si è pronunciata in modo troppo sfavorevole per dovervi, oltre quanto se ne disse già precedentemente, spendere intorno altre parole.

Paragone del sistema Agudio colla locomotiva. — Pel confronto del sistema Agudio colla locomotiva ordinaria, cioè ad aderenza naturale, e con quelle ad aderenza artificiale, abbiamo nella Nota *I* registrato molti esempi di ferrovie a rotaia ausiliaria (sistema Fell) e particolarmente di locomotive a rotismo dentato (sistema Riggembach) con un esempio della locomotiva ordinaria applicata a pendenze straordinarie. In una Nota successiva *H* trovasi riportato un quadro, il quale dimostra fino a quale limite di pendenza, per date velocità, è lecito di estendere l'uso tanto della locomotiva comune, quanto delle altre ad aderenza artificiale. Questo quadro ad evidenza conferma ciò che

oramai è universalmente ammesso, vale a dire: che, industrialmente parlando, la locomotiva ordinaria non è guari applicabile a pendenze superiori al 35 per mille, alle quali anzi non si ha un effetto utile se non a patto di abbandonare il tender separato; che a questa massima non fa eccezione la nuova ferrovia dell'Utliberg, ove la pendenza del 7 per cento è limitata a pochi ettometri che la locomotiva supera diminuendo la velocità e coll'aiuto d'un massimo coefficiente di aderenza ottenuto coi mezzi conosciuti; e che l'impiego della locomotiva Fell e dell'altra di Riggembach non sono più ammessibili per pendenze superiori rispettivamente al 10 ed al 30 per cento, ove si voglia conservare il limite inferiore di velocità indicato nel quadro. Al di sopra di questi limiti di pendenza è fuori di discussione che, nello stato attuale della meccanica applicata alla trazione ferroviaria, rimane interamente libero il campo al sistema Agudio, allorchè, dobbiamo ripetere, non è dato diminuire la pendenza con maggiori sviluppi e quando non si voglia scendere sotto il suddetto limite di velocità, e il tracciato riesca in curva. Non rimangono ora che due soli casi a considerarsi, onde esaurire la questione del presente confronto, quelli cioè nei quali l'altezza da superarsi può essere raggiunta con un conveniente sviluppo della strada, ossia con pendenze compatibili colla locomotiva ordinaria, oppure con una delle locomotive ad aderenza artificiale.

A schiarire, nei confini del possibile, i termini sopratutto del secondo di questi casi, abbiamo stimato utile di riportare nella Nota *F* un minuto calcolo delle spese di costruzione e di esercizio di un piano inclinato Agudio, per una lunghezza di 2,500 m. vicina alla massima ammessa dallo stesso Ingegnere Agudio, e per tre pendenze diverse del 27,4 del 20 e del 10 per cento, distinguendo inoltre i casi del medesimo sistema esercitato con motore idraulico, ovvero con motore a vapore. Poi nella Nota *K*, dopo di avere esposte alcune considerazioni ed alcuni calcoli riferentisi al modo di confrontare fra di loro i varî sistemi di trazione, e singolarmente il sistema Agudio colla locomotiva ordinaria e colla locomotiva Riggembach, per rapporto ai loro effetti

utili meccanici caratteristico e definitivo, abbiamo in apposito quadro riportato un saggio di calcolo di quanto verrebbe a costare nei sei casi testè accennati il trasporto di una tonnellata utile per tutta la lunghezza dei piani inclinati corrispondenti, in salita come in discesa, e poscia per ogni chilom. di ferrovia a locomotiva ordinaria, la quale superi le medesime altezze con conveniente sviluppo alla pendenza del 25 per mille aumentato dei tronchi orizzontali intermedi necessari a rifornire d'acqua e carbone la macchina.

Per ciò che si riferisce all'effetto utile meccanico *caratteristico* emerge dai ragionamenti e calcoli contenuti nella Nota *K* che la locomotiva, finchè si applica a pendenze inferiori al 25 per mille o poco più, è la macchina di trazione decisamente preferibile. Il sistema Agudio per pendenze superiori al detto limite arriverebbe presto ad uguagliarlo. La locomotiva Riggembach per pendenze superiori al 25 per cento parrebbe inferiore in effetto utile caratteristico al sistema Agudio, perchè il peso del motore che viaggia col treno diventa troppo grande parte di questo. Quanto poi all'effetto utile meccanico *definitivo*, è così tenue sulle maggiori pendenze quello della locomotiva ordinaria considerata come macchina motrice, che essa per rapporto a questo effetto diviene inferiore al sistema Agudio anche quando questo sistema si esercitasse con motore a vapore.

Applicazione a grandi altezze. — A questo riguardo le esperienze di Lanslebourg provarono indubbiamente che il sistema Agudio può funzionare anche nei più rigidi climi; però ha bisogno di essere interamente coperto per venir protetto dalle forti nevicate, e questo, per la conseguente spesa, costituisce un punto di svantaggio verso ai sistemi Fell e Riggembach, che hanno soltanto bisogno di difesa laddove c'è pericolo di valanghe. Tuttavia è poco probabile che a grandi altezze si presentino le circostanze favorevoli all'impianto del sistema Agudio a motivo della deficienza od almeno della irregolarità della forza motrice idraulica che è inerente alle regioni più elevate; e d'altra parte

un esercizio a vapore duplica le spese di trazione, come risulta dal quadro della Nota *K*.

Conclusione. — Da tutto quanto siamo venuti esponendo intorno al sistema Agudio, considerato in sè e comparativamente agli altri sistemi di trazione, è lecito il trarre le conclusioni che seguono, e colle quali porremo fine alla presente relazione.

1° Dal punto di vista meccanico, il sistema Agudio, come venne provato a Lanslebourg, è praticamente applicabile, e può riguardarsi siccome suscettivo di entrare nell'esercizio corrente della trazione ferroviaria.

2° La sua applicazione torna tanto più vantaggiosa quanto minore è la pendenza, per rapporto a quella un pò eccessiva del piano inclinato di Lanslebourg, o per converso, il suo effetto utile diminuisce alquanto col crescere della pendenza, ma però in minor misura di quel che avvenga cogli altri sistemi nei quali il motore che cammina col treno forma parte maggiore del peso di questo.

3° In qualsiasi caso, affinchè il suo effetto utile s'approssimi maggiormente all'effetto utile teorico, fa mestieri l'evitare colla massima cura le deviazioni nella disposizione della trasmissione funicolare ed impiegare puleggie di grande diametro solidamente impiantate.

4° Relativamente alla sua applicazione a lunghezze maggiori di quella di Lanslebourg, mancano dati per apprezzare esattamente il valore delle maggiori resistenze che ne deriverebbero alla fune e le quali pare che non cresceranno in ragione minore della lunghezza.

5° Il sistema Agudio con motore idraulico od a vapore è ognora da anteporsi per tracciati in curve al sistema funicolare a trazione diretta.

6° Il sistema Agudio, sia pegli incagli al servizio quando esso venga intercalato fra linee esercite in altro modo, sia pella poca lunghezza in cui ogni sua tratta deve suddividersi, le quali circostanze influiranno molto sul traffico possibile, non può, anche esercito con motore idraulico, essere risguardato

siccome un mezzo definitivo di valicare le montagne, allorchè ostacoli insormontabili non siano per opporsi alla costruzione di una ferrovia a locomotiva ordinaria con pendenze continuate per lunghi tratti del 25 per mille o poco più.

7° Il sistema Agudio, con motore idraulico, è preferibile in linea economica alle locomotive Fell e Riggembach, in ogni caso laddove è disponibile una conveniente forza d'acqua; in generale però la convenienza economica comparativa di quel sistema, in ispecie quando dovesse applicarsi con motore a vapore, dipende anche molto dalle circostanze locali e speciali, e la si dovrà dedurre per ciascun caso con opportuni calcoli di confronto.

Torino, il 17 maggio 1876.

La Commissione:

F. Biglia.
V. Schioppo.
A. Valvassori.
A. Cavallero.

V. Crosa — *Segretario.*

Nota A

Descrizione particolareggiata del piano inclinato a sistema di trazione funicolare Agudio esperimentato a Lanslebourg in Savoja.

---

a) — Disposizione generale del piano inclinato. — Tavola I.

Fig. 1 — Planimetria del piano inclinato.

Fig. 2 — Proiezione verticale dell'asse longitudinale della strada.

Fig. 3 — Profilo longitudinale della strada.

A, piede del piano (fig. 1);

A^{VI}, sommità del medesimo;

$AA^{I}\ A^{II}\ A^{III}\ A^{IV}\ A^{V}\ A^{VI}$, ferrovia ad un solo binario formata di rotaie a suola (*Vignoles*) del peso di chilog. 17 per metro corrente, distanti fra loro di $1^{m},50$ da asse ad asse, e fermate per mezzo di arpioni, internantisi in intaccature praticate nella suola della rotaia, sopra traversine di legno lunghe $3^{m},60$ e situate alla distanza l'una dall'altra di $1^{m},50$ parimente da asse ad asse. Tutta la strada trovasi coperta da una galleria, il cui cielo di lamiera di ferro ondulata è sostenuto da piedritti di legno solidamente infissi nel suolo, contro i quali, per mezzo di acconcia intaccatura, s'appoggiano due file di lungarine di legno costituenti colle anzidette traversine una intelaiatura che è sepolta nella massicciata. Nelle pareti laterali della galleria medesima, costrutte con tavole di legno inchiodate sugli accennati piedritti, sono di tratto in tratto praticati dei larghi finestroni, muniti dentro la galleria di imposta ad un solo battente girevole intorno allo spigolo orizzontale inferiore del rispettivo finestrone.

Sulle traversine lungo l'asse della strada giace una terza fila di lungarine di legno, ma più robuste delle due lungarine laterali, ossia aventi $0^m,260$ di larghezza per $0^m,160$ di altezza. Queste lungarine centrali portano la dentiera di propulsione del sistema, e sono fissate su ciascuna delle traversine per mezzo di due chiavarde. A rendere però maggiormente solido un siffatto armamento, in guisa cioè di fare della dentiera stessa un perfetto punto d'appoggio del sistema, in ognuno degli intervalli compresi fra due traversine consecutive stanno inoltre due saette di legno, le quali, con eguale inclinazione rispetto all'asse della strada, partono dalla traversina più alta in vicinanza della lungarina centrale e vanno ad incastrarsi per l'altra estremità nella traversina susseguente presso le due lungarine laterali.

La ferrovia ora descritta interseca in parecchi punti l'antica strada mulattiera *bbb*..., detta *della Ramassa*, la quale serviva pel valico del Moncenisio prima che venisse costruita l'attuale strada nazionale *HHH*... La strada medesima, in prossimità dell'edifizio *E* dei motori idraulici del piano inclinato, ai quali l'acqua motrice è somministrata dal rivo *Chargeur*, *L L L*..., attraversa pure questo rivo sopra un ponte di legno colla pendenza del 31 per % circa.

B, serbatoio di presa d'acqua dal rivo *Chargeur*, capace prossimamente di 5000 m. c., che venne costrutto chiudendo il corso di questo rivo mediante la diga *C* in un punto dove le sue sponde sono quasi tagliate a picco. La diga *C* consta semplicemente di due pareti di legno, incastrate lateralmente e sul fondo del rivo nella roccia, e fra le quali fecesi un riempimento di calcestruzzo. Presso la base della stessa diga, la cui massima altezza è di 12^m e la massima larghezza di 15^m, sono in essa praticate due luci, destinate l'una alla presa d'acqua, dalla quale perciò dipartesi la condotta tubolare *D* diretta ai motori idraulici, l'altra al vuotamento del serbatoio allorchè questo vuol essere pulito dai detriti di terra e di roccia accumulantisi sul suo fondo. Al medesimo serbatoio *B* vanno annessi ancora uno sfioratore ed un canale di scarico *a*. La condotta d'acqua *D* è composta di tubi di lamiera di ferro, il cui diametro interno è costantemente di $0^m,660$ e la grossezza va gradatamente crescendo da millimetri 4 a 10 dalla presa fino all'edifizio dei motori. La lunghezza effettiva di questa condotta è di 425^m. L'altezza massima del pelo d'acqua nel serbatoio, sul centro della sezione del tubo d'arrivo della medesima nell'edifizio sumenzionato, è di $139^m,32$.

E F A^{I} A^{II} ... A^{VI} *I G E*, trasmissione funicolare del lavoro meccanico sviluppato dai motori idraulici al convoglio che deve ascendere il piano inclinato. Questa trasmissione consiste in due corde metalliche senza fine, ognuna delle quali percorre la strada *A* A^{I} ... A^{V} A^{VI} parallelamente alle rotaie ed esternamente al binario; pervenuta poi alla sommità del piano inclinato ne discende per un'altra via più breve, e disposta a guisa delle note trasmissioni telodinamiche, tornando prima alle turbini e successivamente al piede dello stesso piano.

A complemento della descrizione della presente tavola riportiamo ancora i seguenti quadri relativi al tracciato della strada, secondo i dati raccolti da un ingegnere appositamente delegato dalla Commissione.

QUADRO I. — Andamento altimetrico del piano inclinato.

Num. d'ordine	Distanza progressiva dell'origine e del termine di ciascuna livelletta	Lunghezza orizzontale	PENDENZA (1) relativa per cento	PENDENZA (1) assoluta	Ordinate dei cambiamenti di livelletta sul livello del mare	Lunghezza assoluta di ogni livelletta	OSSERVAZIONI	Angolo colla orizzontale
	0m,00				1441m,19			
1		12m,65	Orizzontale	0m,00		12m,65		0°0′
	12,65				1441,19		Curva: raggio = 800m; angolo 160°50′; tangente = 120m,75.	
2		236,05	da 0,00 a 30,90	35,62		239,69		da 0° a 17° 10′
	248,70				1476,81			
3		370,70	30,90	114,58		388,38		17°10′
	619,40				1591,39			
4		163,94	29,58	48,49		170,95		16°29′
	783,34				1639,88			
5		434,96	31,80	138,36		456,49		17°39′
	1218,30				1778,24			
6		68	da 31,80 a 10,95	14,26		69,64	Curva: raggio = 350m; angolo 168°36′; tangente = 34m,93.	da 17° 39′ a 6° 15′
	1286,30				1792,50			
Somme per controllo		1286,30	Differenza di livello	351,31		1337m,80		
			Quota di origine	1441,19				
			Somma quota del vertice del piano inclinato	1792,50				
							Pendenza media per cento 27,31 id. massima per cento 31,80.	

(1) Rapporto della differenza delle ordinate estreme di ciascuna livelletta alla lunghezza orizzontale di quest'ultima.

QUADRO II. — Andamento planimetrico del piano inclinato.

Numeri d'ord.		Distanze progressive dei punti di passaggio	Rettifili		CURVE					
rettifili	curve		Lunghezza orizzontale	Lunghezza assoluta	verso	raggio	angolo al vertice	tangente	sviluppo orizzontale	sviluppo assoluto
		0m,00								
1			60m,12	60m,17						
		60,12								
	1				a destra	150m	110°20′	104m,38	182m,38	185m,60
		242,50								
2			60,40	63,17						
		302,90								
	2				a sinistra	150	155°45′	32,22	63,49	66,55
		366,39								
3			28,78	30,16						
		395,17								
	3				a destra	150	153°0′	36,00	70,68	74,10
		465,85								
4			101,74	106,65						
		567,59								
	4				a destra	150	162°0′	23,76	47,13	49,41
		614,72								
5			322,74	348,09						
		947,46								
	5				a destra	150	167°4′	17,00	33,85	35,83
		981,31								
6			41,46	43,51						
		1022,77								
	6				a sinistra	150	123°50′	80,04	147,04	154,33
		1169,81								
7			116,49	120,53						
		1286,30	741,73	772,28					544,57	565,82

b) — **Motori idraulici.** — Tavole II, III, IV e V.

Fig. 1_a (Tav. II) — Elevazione dei motori idraulici (visti dalla parte delle puleggie di trasmissione), i quali consistono in due turbini Girard, ad asse orizzontale ed a distribuzione parziale interna, e vennero costrutti nella fabbrica Berej Roy e C° a Vevey (Svizzera).

Fig. 2_a (Tav. III) — Projezione orizzontale degli stessi motori.

Fig. 3_a (Tav. IV) — Sezione verticale perpendicolare agli assi delle turbini.

Fig. 4_a (Tav. V) — Altra sezione verticale parallela agli assi medesimi.

Fig. 5_a (Tav. IV) — Direttrici delle palette delle turbini e del loro distributore.

Fig. 1_b, 2_b, 3_b, 4_b e 5_b (Tav. IV) — Particolari dell'anello applicato alle puleggie di trasmissione entro due delle quattro gole, di cui sono munite alle loro circonferenze ciascuna delle stesse puleggie.

A, tubo d'arrivo dell'acqua motrice, il quale, nell'interno dell'edifizio contenente i motori, diramasi in due tronchi simmetrici *B* e *B'* diretti ai distributori delle due turbini *C* e *C'*. Il diametro del tubo *A* è internamente di $0^m,660$; quello delle due diramazioni *B*, *B'* di $0^m,500$.

D e *D'*, valvole a diafragma applicate ai due tronchi *B* e *B'* affine di aprire od interrompere la comunicazione di ciascuna turbine colla condotta d'acqua.

Per muovere queste valvole basta porre mano ai volanti *a*, *a'*, il cui moto rotatorio, trasmesso, mercè dei rotismi dentati d'angolo *b*, *b'*, alla vite scolpita sul gambo delle valvole stesse, ne produce a seconda del suo verso l'innalzamento o l'abbassamento.

E, regolatore a stantuffo, per mezzo del quale il macchinista modera a volontà l'apertura dei distributori *I* delle due turbini (fig. 3_a). A quest'uopo entro apposite guide e guarniture, destinate quest'ultime ad impedire ogni fuga d'acqua, trovansi collocati in contatto degli orifizi d'ingresso dei canali di ciascun distributore gli otturatori mobili *y*, foggiati ad arco di cerchio ed armati di denti presso la loro estremità esterna. Questo otturatore fa incastro con un rocchetto cilindrico dentato *x*, il quale imbocca

a sua volta con una dentiera *f*, da cui nei due estremi è terminato il doppio gambo dello stantuffo regolatore. Il macchinista, per via del volante *F*, fa girare nell'uno o nell'altro verso un primo albero di rotazione orizzontale *g*, il cui movimento, mediante una coppia di ruote dentate coniche *i*, vien comunicato ad un secondo albero *h*, e poscia, per mezzo d'una nuova coppia di ruote dentate cilindriche *k*, alla vite ond'è munito il gambo di una valvola a cassetto ordinaria contenuta in una cassettina addossata superiormente al cilindro orizzontale del regolatore. La cassettina ora menzionata trovasi continuamente ripiena di acqua, la quale proviene dalla condotta pel piccolo tubo *C*. Quest'acqua, secondo che incontra aperto l'uno o l'altro dei canali, che mettono capo nelle due camere del cilindro del regolatore, viene a premere sull'una ovvero sull'altra faccia dello stantuffo contenuto nello stesso cilindro, mentre l'acqua racchiusa nella camera opposta può uscirne raccogliendosi dapprima nella cavità della valvola e poscia scaricandosi pel tubo *d*. Allora lo stantuffo del regolatore prende a muoversi nell'uno o nell'altro verso producendo lo spostamento degli otturatori *y*, nel senso e della quantità voluti. Appena ottenuto questo spostamento, il macchinista chiude la valvola del regolatore, riconducendo il volante *F* nella posizione primitiva, ossia, per dir meglio, in posizione tale da trovarsi lo stantuffo del regolatore premuto sulle due facce dall'acqua proveniente dalla condotta. In simil modo il macchinista con piccolissimo sforzo, malgrado la pressione opposta dall'acqua al movimento degli otturatori, ed in breve tempo, riesce a collocarli nella posizione conveniente. Egli può dallo stesso suo posto osservare il grado di apertura degli otturatori medesimi sul quadrante *l*, sul quale scorre un indice mosso dall'albero *g*, mercè l'incastro d'un settore dentato con una vite perpetua.

G, pendolo conico, il quale ha per oggetto di avvertire il macchinista che la velocità con cui camminano le turbini supera il limite massimo, oppure è al disotto del limite minimo prestabiliti. Il movimento a questo pendolo vien comunicato dallo stesso albero motore della turbine più vicina per via d'un primo cingolo continuo *m*, che lo trasmette ad un primo albero ausiliario di rotazione orizzontale sovrastante *o*, da cui poscia mercè d'un secondo cingolo somigliante *p* sono posti in moto un secondo albero ausiliario *q* ed infine il pendolo *G*, per mezzo di due ruote dentate angolari. Questo pendolo, oltre all'indicare la velocità delle turbini sopra di un apposito qua-

[illegible] nella estremità superiore [illegible] su due marze [illegible] campanelli di [illegible] corrispondenti ai limiti massimi e minimi [illegible] mentre il silenzio [illegible] le turbini, tutto il sistema [illegible] si muovono con velocità compresa fra [illegible] corrispondenti a 200 e 300 giri per [illegible].

I, valvola [illegible] al tubo scaricatore *r* della [illegible] *A*.

H, *K* e *K'*, [illegible] della condotta e delle due turbini *C* e *C'*.

L, camera d'aria compressa per impedire i colpi d'ariete nella condotta d'acqua. Quest'aria [illegible] mediante una tromba a mano, penetra pel tubo *t* nella camera stessa, consistente in un tubo verticale di ferro fisso innestato sulla condotta *A*, a valle della diramazione di questa nei due tronchi *B*, *B'*, e chiuso alla sua sommità. Il grado di compressione dell'aria medesima può leggersi sul manometro metallico *R*, comunicante coll'interno della camera *L*, per via del tubo *u*. A questa camera va unito eziandio un tubo di vetro (fig. 4) indicante il livello dell'acqua.

M, *M'* ed *N*, *N'*, rocchetti e ruote dentate cilindrici, che servono a trasmettere il movimento degli alberi motori *n*, *n'* delle due turbini agli alberi *s*, *s'*, portanti le puleggie motrici fisse *P*, *P'*, delle due funi, per mezzo delle quali viene impresso il movimento di traslazione al convoglio nell'ascesa lungo il piano inclinato. Il rapporto fra i raggi primitivi di simili rotismi dentati essendo uguale ad $^1/_5$, ne conseguita che il numero dei giri delle puleggie *P*, *P'* è cinque volte minore di quello delle turbini per lo stesso intervallo di tempo: cosicchè assumendo per velocità delle turbini 250 giri per 1', la quale è appunto la loro velocità abituale, si ha, pel numero dei giri delle puleggie *P*, *P'*, 50 al 1'. Siccome ancora il diametro di queste puleggie è di 4^m, così risulterà altresì per la loro velocità circonferenziale $10^m,5$ a un dipresso per ogni minuto secondo, che sarà pertanto ad un tempo prossimamente la velocità ordinaria delle funi motrici.

O, *O'*, puleggie solidarie e venute di getto colle grandi ruote dentate *N*, *N'*, sulle quali mercè del freno dinamometrico di Prony si può misurare la forza di ciascuna turbine.

Q, *Q'*, puleggie direttrici delle due funi motrici dall'edifizio

dei motori alle puleggie tenditrici situate al piede del piano inclinato.

S, S', copri-ruota delle turbini, aventi per oggetto d'impedire la proiezione dell'acqua smaltita dalle stesse turbini, e la quale è così costretta a raccogliersi interamente nei canali di fuga sottostanti *K. K'*.

U, anello girevole di ferro delle puleggie di trasmissione *P, P'* (fig. 1_b, 2_b, 3_b, 4_b, 5_b). Ognuna di queste puleggie è munita alla sua circonferenza di quattro gole *T*, di sezione prossimamente trapezia, a due delle quali, situate l'una di seguito all'altra partendo da una gola estrema, trovasi applicato l'anello folle *U*, composto di vari pezzi o segmenti riuniti fra loro mediante chiodi ribaditi (fig. 4_b e 5_b), ad eccezione di un solo punto, corrispondente alle estremità dell'anello considerato prima che venga messo a sito, in cui la congiunzione è fatta con viti (fig. 2_b e 3_b). Le altre due gole delle puleggie *P, P'* hanno invece il fondo semplicemenie rivestito d'una guarnitura d'aloe, il cui uffizio si è d'aumentare l'aderenza delle funi sul fondo delle gole medesime. La disposizione poi delle stesse puleggie è così fatta che di rimpetto alle due gole armate d'anello, per es. della puleggia *P*, stanno le due gole semplicemente rivestite d'aloe dell'altra puleggia *P'*, e reciprocamente.

Ecco ora in qual modo le due funi motrici del piano inclinato s'avvolgono alle puleggie *P, P'*, e qual è inoltre l'oggetto degli anelli *U*. Entrambe le due funi debbono ognora muoversi per tal verso, che salgano i loro tratti applicati lungo la strada ed invece discendano quelli collocati esteriormente a questa, o costituenti la trasmissione telodinamica propriamente detta. Vuolsi inoltre notare che l'edifizio delle turbini trovasi situato a breve distanza dal piede del piano inclinato. Dopo tutto ciò è palese che, siccome per chi guarda le turbini dalla parte ove stanno le puleggie motrici *P, P'* (fig. 1_a e 2_a, tav. II e III) la rotazione di queste puleggie risulta diretta da destra verso sinistra per la semicirconferenza più alta, così i rami esterni o discendenti delle due funi rappresentano, con altre parole, i tratti che vengono alle stesse puleggie dalla parte superiore, mentre i tratti ascendenti sono per conseguenza i tratti che vanno da queste puleggie. Considerando ora uno dei primi due tratti, quelli discendenti, si dovrà intenderlo avvolto alle puleggie *P, P'* nella seguente maniera. Passa primieramente codesto tratto al di sopra della puleggia *P'*, senza toccarla, e va ad avvolgersi per una mezza circonferenza, d'alto in basso, sulla gola estrema guarnita d'aloe

54
dra
sup
tel
ti
li
le
s

c) — **Freno dinamometrico di Prony** — TAVOLA V.

Fig. 1_e — Elevazione principale.
Fig. 2_e — Proiezione orizzontale.
Fig. 3_e — Sezione trasversale passante pel centro del freno.

A, puleggia su cui devesi applicare il freno: questa puleggia venne fusa in un con ciascuna delle grandi ruote dentate (*N*, *N'* — fig. 4_a della presente tavola) che trasmettono il movimento delle turbini ai due volanti o puleggie di comando delle due funi motrici del piano inclinato.

B, cerchio di ferro a cui internamente con viti trovansi fermate le fettuccie *a* di legno costituenti il collare del freno. Questo cerchio è formato di due parti uguali in ampiezza, l'una, la superiore, congiunta direttamente col braccio *C* del freno, e l'altra munita di orecchie, per mezzo delle quali e di chiavarde a vite questa parte inferiore collegasi alla precedente. Delle stesse parti, l'inferiore consiste in un semplice pezzo di lamiera di ferro della grossezza di millim. 20; la superiore consta pure di un pezzo di lamiera di ferro, però posato invece di costa, e di due ferri d'angolo in ciascuna estremità del pezzo medesimo, che forma così come l'anima d'un ferro a doppia gruccia. La grossezza e l'altezza di questo pezzo centrale sono di 12 millim. e 500 millim.; i ferri d'angolo hanno l'altezza di 70 millim.

D, robusta chiavarda a vite, la quale, oltre al tenere riunita una delle estremità del semicerchio inferiore del collare del freno con quella corrispondente dell'altro semicerchio e col braccio *C*, serve a stringere il collare medesimo sulla puleggia *A*, e a dare perciò alla pressione di quello su questa il grado conveniente.

E, peso applicato all'estremità del braccio del freno onde conservare quest'ultimo in equilibrio, mentre la turbine è in movimento. Questo peso è formato di varii dischi di ghisa portanti una feritoia diretta secondo un raggio e mercè la quale essi possono venir sovrapposti l'uno all'altro attorno ad un tirante pendente a snodo dalla suddetta estremità del braccio *C*.

F, montante di ferro solidamente raccomandato alla fondazione delle turbini, il quale porta due robuste traverse orizzontali destinate a limitare la corsa del braccio del freno, prima che siasi ottenuto l'equilibrio.

b, *b'*, piccole piastre di rinforzo del braccio *C*, nei punti in cui questo trovasi congiunto al semicerchio inferiore del collare *B*.

c, c', intaccature praticate nel braccio *C* unicamente allo scopo di rendere maggiormente libero il suo movimento dalla parte ove sta la ruota dentata solidaria colla puleggia *A*.

d) — Valvola di presa ed unione dei tubi della condotta d'acqua — Tavola V.

Fig. 1_c — Elevazione di fronte della valvola di presa d'acqua.
Fig. 2_c — Sezione verticale.
Fig. 3_c — Sezione orizzontale.

A, conoide che congiunge la condotta d'acqua di sezione circolare coll'orifizio di forma rettangolare, che è scolpito nella parete del bacino alimentatore nella condotta medesima.

B, valvola, propriamente detta, di presa d'acqua, scorrevole verticalmente fra due guide praticate nella base quadrata del conoide *A*. Consiste questa valvola in una piastra di ferro, nella quale trovansi scolpite otto luci rettangolari *b*, che vogliono essere sovrapposte ad altrettante *a*, uguali di forma e di dimensioni, praticate nella base or ora menzionata del conoide, allorquando la valvola deve aprirsi interamente.

C, asta terminata inferiormente a guisa di forcella, la quale serve a trasmettere alla valvola *B* il movimento prodotto per via d'un meccanismo sovrastante a mano ed a vite.

Fig. 1_a — Sezione longitudinale dell'unione dei tubi della condotta d'acqua.

A e *B*, due tubi consecutivi della condotta.

a, b, anelli in forma di ferro d'angolo congiunti rispettivamente ai due tubi *A*, *B*, per via di chiodi ribaditi. Frapposto a questi anelli un tubo *c* di caucciù, i medesimi vengono serrati l'uno contro l'altro con chiavarde a vite *d*; dopo del che ancora si riempie tutto all'intorno l'intervallo, restante fra i due anelli, d'un mastice formato per $\frac{1}{3}$ in peso di limatura di ghisa ben pulita, per altro $\frac{1}{3}$ di zolfo in polvere e per $\frac{1}{3}$ di sale ammoniaco.

e) — Armamento della strada — Tavole VI e VII.

Tronchi rettilinei. — Tav. VI.

Fig. 1_a — Sezione trasversale della strada ed elevazione di fianco delle puleggie di sostegno delle funi.

Fig. 2_a — Proiezione orizzontale della strada e sezione orizzontale della dentiera di propulsione.

Fig. 3_a — Elevazione anteriore ed altra sezione verticale delle anzidette puleggie.

A, traversine, su cui per via di arpioni *a*, *a'* sono fermate le rotaie *B*, e mediante chiavarde *b* la lungarina centrale *D*, come già fu detto nella descrizione della Tav. I.

E, doppia dentiera orizzontale solidamente raccomandata alla lungarina *D*, colla quale fanno incastro le ruote dentate di propulsione del carro locomotore. Questa dentiera, la quale pesa 60 chilogr. per metro corrente, venne costrutta appositamente pel piano inclinato di Lanslebourg nella fabbrica dei fratelli Brunon a Rive-de-Gier (Francia). Essa è formata da un nastro d'acciaio della grossezza di 12 millim. e dell'altezza di 120 millim., ripiegato in guisa da presentare una duplice serie di denti. Questo nastro si trova chiuso inoltre fra due specie di mascelle o lastre di ferro *f*, *f'*, della larghezza di millim. 112 e della grossezza di millim. 12, la cui sezione trasversale ha la forma di un *U* molto schiacciato, e le quali sono tra di loro congiunte per mezzo di chiodi ribaditi *c* in ognuno dei vani della dentiera avente $0^m,100$ di passo. Ad ogni distanza però di $0^m,400$ ad uno di tali chiodi è sostituita una robusta chiavarda a vite *d*, la quale attraversa la lungarina *D*, unitamente alle traversine sottostanti *A*. Laddove ciascun tronco della dentiera si congiunge con quello successivo, i due chiodi ribaditi *c* più vicini vengono anche riuniti direttamente col nastro della dentiera mercè tre altri chiodi minori ed orizzontali *e*.

I vari tronchi di cui componesi la dentiera hanno tutti la lunghezza di $1^m,80$, colla quale nei tratti curvilinei della strada si è potuto formare una linea poligonale atta a sostituire soddisfacentemente le curve state adottate con raggio di 150^m. L'unione di un tronco coll'altro è combinata per modo che le mascelle *f*, *f'* di ogni tronco, per una porzione della loro lunghezza, abbracciano una uguale lunghezza del nastro del tronco immediatamente inferiore. A quest'uopo per ciascun tronco della dentiera si lasciano sporgere di $0^m,30$ il nastro in una estremità ed invece le due mascelle nell'estremità contraria, per guisa che tutti i tronchi vengono ad avere una porzione della propria dentiera compresa tra le mascelle del tronco consecutivo.

Gli orli della mascella più alta *f* servono di guida a quattro rotelle venute di getto colle quattro ruote dentate di propulsione del carro locomotore, e formanti, due per ogni fianco, incastro colla dentiera *E*. Gli orli analoghi dell'altra mascella *f'* hanno per iscopo di permettere il capovolgimento della dentiera, e

quindi di aumentarne la durata. Questo capovolgimento, il quale può essere causa di una notevole economia nelle spese di esercizio del piano inclinato, è praticamente attuabile, perchè il maggior consumo dei denti della dentiera ha luogo sui fianchi d'ogni dente che sono rivolti verso la sommità del piano.

È poi quasi superfluo l'aggiungere che nell'unione di due tronchi successivi della dentiera fa d'uopo lasciare fra le loro mascelle il giuoco necessario per la libera dilatazione dei tronchi stessi sotto l'azione della temperatura. Le piastrelle *g*, che trovansi applicate alle due mascelle nei medesimi intervalli, non hanno altro scopo all'infuori di quello consistente nel permettere il trasporto di più tronchi di dentiera assieme rilegati. Massime per un esercizio lungo e molto attivo, torna vantaggiosissimo lo spalmare di tempo in tempo i denti della dentiera con grasso misto a piombaggine, con che se ne aumenta la durata diminuendo le resistenze.

F, puleggie, di sostegno insieme e di guida, delle due funi motrici *r*, *r'*, nei tronchi rettilinei del piano inclinato. Queste puleggie, distanti l'una dall'altra di 15^{m}, sono per mezzo di viti *h*, *h* fissate sulle traversine *A*, ed in tale posizione da risultare esattamente a perpendicolo sotto le puleggie motrici *G*, *G'* del carro locomotore. Delle traversine *A*, una appartiene all'armamento corrente della strada; l'altra invece è una traversina addizionale appoggiata colle estremità alla corrispondente lungarina laterale e ad una delle saette menzionate nella descrizione della Tav. I. Ognuna delle puleggie in discorso presenta alla fune una gola di conveniente apertura e munita sul fondo di un rivestimento *m* di strisce di cuoio compresse entro ad acconcia scanalatura, il quale rivestimento accresce la resistenza d'attrito fra la puleggia e la fune, epperò impedisce meglio lo scivolamento di questa su quella e l'usura sopratutto della fune. Affinchè poi le puleggie in questione si conservino girevoli con facilità, eziandio in condizioni pessime di clima, trovansi protette dall'acqua e dalla polvere per una scatola *l*, la quale soltanto ne lascia visibile una parte presso il vertice. Ciascuna puleggia porta inoltre lateralmente due appendici *p*, *p'*, contenenti i guancialini, entro cui gira l'asse *t* della puleggia stessa. L'ungimento di questi guancialini vien reso continuo col mezzo di piccoli anelli *o*, riposanti liberamente sulle estremità dell'asse *i*, ed i quali, pescando nell'olio o grasso, e rotando con questo asse, lo mantengono convenientemente lubrificato. L'olio è versato nelle appendici *p*, *p'*, per le aperture *q*, *q'*, munite di coperchio. Le due

corna n, n', fuse colla scatola l, sono destinate a non lasciar sfuggire la fune allorquando, durante il passaggio del locomotore, questa viene scossa dalle puleggie G, G', sviluppantisi su di essa. Il peso di ciascuna puleggia, che è quasi interamente di ferro fuso, non oltrepassa i 15 chilogr.; la distanza tra due puleggie consecutive è di 14^m.

Tronchi curvilinei — Tav. VII.

Fig. 1_b — Sezione trasversale della strada nei tronchi curvilinei ed elevazione delle puleggie di sostegno e di guida delle funi.

Fig. 2_b — Proiezione orizzontale della strada, sezione orizzontale della dentiera di propulsione e sezione delle puleggie normale al loro asse.

Fig. 3_b — Elevazione di una puleggia vista di fianco ed esternamente alla strada.

Per tutto ciò che si riferisce alle rotaie ed alla dentiera si vegga la leggenda delle tre figure precedenti, le lettere essendo quelle stesse di queste figure.

I, sostegno di ciascuna puleggia fermato con viti sopra una delle traversine A della strada. Questo sostegno è siffattamente costruito da risultare tutte le puleggie ad ambo i lati disposte coll'asse inclinato d'alquanto alla verticale verso il lato convesso della strada, e giacente nel piano della sezione trasversale alla strada.

H, puleggia propriamente detta, il cui asse di rotazione gira per entro ad un bossolo K portato dal sostegno I. Inferiormente questo asse riposa sopra di una ralla sostenuta dalla vite u, che serve parimenti a sollevare l'asse medesimo per porre riparo all'usura della ralla. Il bossolo K nella parte superiore è terminato da un bacino z, entro cui si raccoglie l'olio versato per l'apertura v, il quale olio poscia attraverso alle luci ed ai canaletti x può in quantità conveniente pervenire in contatto dell'asse t della puleggia.

S, anello di cuoio, ond'è munita la puleggia H tutto all'intorno nei punti in cui questa deve trovarsi in contatto colla fune motrice r. Egli è appunto perchè il contatto medesimo abbia costantemente luogo su questo anello di cuoio che l'asse di rotazione della puleggia viene, come si disse poc'anzi, inclinato rispetto alla verticale dalla parte della convessità della strada.

Con simile disposizione infatti la puleggia forma ostacolo alla tendenza che il tratto di fune, il quale va dalla puleggia diretto verso la sommità del piano inclinato, ha di innalzarsi continuamente, epperciò di abbandonare l'anello in discorso. L'esperienza confermò pienamente l'opportunità di tale disposizione, giacchè, essendosi sul principio fatta la prova di collocare verticale l'asse delle puleggie nelle curve, le due funi motrici andavano soggette a vibrazioni accompagnate da rumore ingrato, con consumo inevitabile delle funi.

Y, appendice, in forma come di corno, di cui ogni puleggia è munita dalla parte ove trovasi la fune, all'oggetto di rattenere quest'ultima malgrado le scosse prodotte in essa al passaggio del locomotore.

Le presenti puleggie sono distanti tra loro di $3^m,60$, ed il peso della loro parte mobile è di chilogr. 25. Al pari di quelle dei tronchi rettilinei, esse sono disposte simmetricamente rispetto all'asse della strada, per motivo dell'impiego di due funi motrici identiche senza fine; la distanza compresa da asse ad asse fra due puleggie corrispondenti, nel senso trasversale alla strada, è per tutto il piano inclinato, come quella tra le due funi, uguale a $2^m,530$.

f) — Tromba per comprimere l'aria, destinata ad impedire i colpi d'ariete nella condotta d'acqua — Tavola VI.

Fig. 1_c — Elevazione principale della tromba.

Fig. 2_c — Proiezione orizzontale.

Fig. 3_c — Sezione trasversale passante per l'asse del cilindro aspiratore.

Fig. 4_c — Altra sezione trasversale fatta per l'asse del cilindro compressore.

Fig. 5_c — Elevazione principale dello stantuffo aspiratore.

A, cilindro aspiratore, in cui cioè aspirasi l'aria dall'esterno attraverso a una valvola *c*, della quale è munito nel suo centro lo stantuffo *B*. Questo stantuffo trovasi congiunto in *a* a snodo colla piastra *C*, che serve di base all'intiero apparecchio e viene invariabilmente fermata sopra di una apposita fondazione mediante chiavarde passanti pei fori *t*. Lo stantuffo medesimo perciò sta immobile, mentre invece il cilindro *A*, che è aperto inferiormente, vi scorre sopra con moto rettilineo alterno, aspi-

rando l'aria nella sua corsa ascendente e cacciandola in quella di discesa in un secondo cilindro attraverso la valvola *d*.

D, gambo invitato col coperchio del cilindro *A*, per mezzo del quale s'imprime a quest'ultimo il necessario movimento. A simile scopo questo gambo trovasi riunito a snodo colla leva *E*, mossa a braccia d'uomini.

F, colonnine di sostegno del fulcro *b* della leva motrice *E*.

G, camera contenente la valvola premente, già accennata poc'anzi, dalla quale camera si diparte il tubo *I* d'uscita dell'aria aspirata dal cilindro *A*. L'appendice *e*, annessa al coperchio di questa camera, ha per oggetto di limitare convenientemente la corsa della valvola.

H, vaso dell'olio con cui si lubrifica la parete interna del cilindro *A*. Questo vaso, che è armato di chiave *f*, in un colla camera *G*, trovasi invitato sul coperchio del cilindro *A*.

K, cilindro compressore, nel quale è condotta l'aria proveniente dal cilindro *A*, allo scopo di comprimerla fino ad un determinato grado prima d'inviarla nella camera d'aria della condotta d'acqua. Consta questo cilindro *K* d'un tubo chiuso inferiormente da un fondo, a cui va unita la staffa *g*, per mezzo della quale lo stesso tubo si mantiene immobile, ossia raccomandato alla base *C* della tromba. Nella parte superiore il tubo *K*, che ad un tempo fa da stantuffo, è parimente chiuso mediante un coperchio a vite, al quale trovansi uniti all'esterno una guarnitura di cuoio e nel centro la valvola *h* aprentesi dal basso all'alto.

L, tubo calzato esattamente sul cilindro *K*, a cui mercè la leva *E* viene comunicato, come al cilindro *A*, un movimento rettilineo alterno. A questo tubo, oltre del gambo articolato *Q*, che lo congiunge alla leva motrice, trovansi annessi un vaso dell'olio *M*, munito di chiave *p*, e la camera *N*, contenente una seconda valvola *m*, la quale si apre parimente dall'indentro all'infuori rispetto al cilindro *K*. Allorquando il tubo *L* compie la sua corsa ascendente, la valvola ora menzionata *m* sta chiusa, e l'aria contenuta nel cilindro *K* solleva la valvola *h*, passando a riempire il tubo medesimo. Durante la discesa, invece, di questo tubo la valvola *h* rimane chiusa, l'aria in esso raccolta viene compressa al segno da poter sforzare l'altra valvola *m* ad aprirsi e così per via del tubo *O* far passaggio nella camera d'aria della condotta d'acqua. È poi palese che per motivo della differenza dei diametri del cilindro *A* e del tubo *L*, la compressione

dell'aria ha già luogo in parte durante la corsa discendente del cilindro *A*.

P e *R*, *R'*, manubrio e prolungamento di bracci della leva motrice *E*.

l, canale di comunicazione della camera della valvola *m* col tubo *L*.

n, arresto della corsa della valvola stessa *m*.

o, contrappeso della valvola *h*. Anche la valvola aspirante *c* del cilindro *A* è munita di contrappeso *q*, pel medesimo scopo di assicurarne il pronto richiudimento al termine del periodo d'aspirazione, come pure di restringerne l'altezza del sollevamento.

r e *s*, arresti aventi per ufficio di limitare convenevolmente la corsa dei due corpi di tromba.

g) — Innesto a fregamento dell'albero delle puleggie motrici del locomotore. — Tavola VII.

Fig. 1_d — Proiezione orizzontale dell'innesto.

Fig. 2_d — Sua sezione verticale passante per l'asse dell'albero delle puleggie.

Fig. 3_d — Sezione orizzontale condotta pel medesimo asse.

A, albero orizzontale di una coppia delle quattro puleggie motrici del carro locomotore del convoglio, sul quale per ciascuna puleggia trovasi applicato l'innesto a fregamento, affine di potere a volontà stabilire o interrompere la comunicazione del movimento delle due funi motrici al carro medesimo, vale a dire imprimere od arrestare il moto di propulsione al convoglio nell'ascesa del piano inclinato, e dove occorre anche nella discesa.

B, corona solidaria coll'albero *A*, ed a cui per mezzo di chiavarde *a* va congiunto l'anello di fregamento *C*.

D, altro anello formato di sei segmenti *b*, separati tra di loro da un piccolo intervallo, ed i quali possono venire spinti contro l'anello precedente *C*, ovvero essere allontanati, in guisa da produrre nel primo caso fra i due anelli un fregamento atto a trasmettere il moto delle puleggie testé menzionate alla ruota dentata conica *G*, dalla quale poscia questo moto trovasi comunicato ad una seconda ruota dentata d' angolo, formante incastro colla *G*, ed infine pei quattro innesti consimili del locomotore alle quattro ruote dentate cilindriche sottostanti di propulsione di quest'ultimo.

E, altri segmenti circolari concentrici ai segmenti *b*, coi quali sono internamente invitati mercè le viti *b*. Contro questi segmenti *E* vanno per una loro estremità ad appoggiarsi i sei raggi snodati *F*, composti ognuno di due aste filettate in senso contrario *d*, *e*, le quali trovansi riunite fra di loro mediante una chiocciola comune e sono di più, nelle due estremità, terminate da articolazioni sferiche *c*, *c'*. Mercè la chiocciola e le due viti di passo contrario or ora menzionate, si può, allungando i raggi in discorso, riparare all'usura fra i segmenti *b* e l'anello *C*. Delle anzidette articolazioni le centrali *c'* trovansi incastrate in cavità acconciamente scolpite nell'anello esagonale *I*, che è sovrapposto al mozzo della ruota *G*, però scorrevole lungo di esso. I segmenti *E* poi sono per mezzo di apposite scanalature rattenuti al loro sito dalle piastre *f*, che servono ai medesimi di guida allorchè questi, in uno ai segmenti *b*, debbono essere avvicinati all'anello di fregamento *C*, oppure da questo allontanati. Coteste piastre *f* formano sistema colla corona della ruota *G*, a cui sono congiunte per mezzo delle chiavarde *g*.

M, manicotto congiunto all'anello *I* per via delle chiavarde *h*, scorrevoli entro appositi fori scolpiti nella corona della ruota *G*.

N, *O* e *P*, anelli, il primo semplicemente sovrapposto al manicotto *M*, il secondo fermato direttamente con viti *m* sull'albero *A*, ed il terzo invitato col manicotto *M*. L'anello o collare *N* trovasi inoltre collegato ad una leva, il cui asse di rotazione *o* è perpendicolare a quello dello stesso albero *A*, e la quale serve a far scorrere l'anello medesimo e quindi il manicotto *M* sull'albero *A*, nell'uno e nell'altro verso. L'anello *O*, fisso sull'albero *A*, ha per oggetto di limitare nei due sensi la corsa del manicotto in discorso, le cui posizioni estreme corrispondono alle due *op*, *op'* della leva testé accennata. Egli è appunto collo spingere il manicotto *M* nell'uno o nell'altro verso che il macchinista conduttore del convoglio può avvicinare più o meno i raggi snodati *F* alla direzione normale all'albero *A*, in guisa da stringere più o meno il contatto dei segmenti *b* contro l'anello di fregamento *C*, e così produrre o far cessare la comunicazione del movimento delle funi motrici al convoglio.

i, *k* e *n*, vasi d'olio annessi al manicotto *M*, per lubrificare le superficie in contatto fra questo manicotto, il mozzo della ruota *G* e l'albero *A*.

q, perni dei quali va munito nei due fianchi l'anello *N*, ed a cui trovasi unita a snodo la leva motrice del manicotto *M*, foggiata a quest'uopo a guisa di staffa (V. fig. 3, tav. IX).

h) Locomotore — Tavole VIII, IX, X, XI.

Per locomotore intendesi un carro speciale destinato a ricevere l'azione delle funi motrici e trasmetterla, sotto forma di movimento di propulsione, al convoglio. Due sono i locomotori che vennero costrutti pel piano inclinato di Lanslebourg. Questi locomotori, che furono rispettivamente designati coi nomi di *Italia* e *Francia*, trovansi minutamente disegnati nelle Tav. VIII, IX, X, ed XI, delle quali ora passiamo ad esporre la descrizione.

Locomotore *Italia*, portante il N° 1 (Tav. VIII e IX):

Fig. 1 — Proiezione orizzontale del locomotore.

Fig. 2 — Sezione longitudinale fatta per l'asse del locomotore.

Fig. 3 — Sezione trasversale passante per l'asse di una coppia delle puleggie motrici.

Fig. 4 — Altra sezione trasversale condotta in parte sul mezzo del locomotore ed in parte per l'asse di una delle viti motrici del freno a ganasce.

Fig. 5 — Particolare relativo al freno a ceppi.

Locomotore *Francia*, avente il N° 2 (Tav. X ed XI):

Fig. 1 — Proiezione orizzontale del locomotore, nella quale da una delle parti dell'asse longitudinale di quest'ultimo venne tolto il ponte su cui sta il macchinista.

Fig. 2 — Sezione longitudinale passante per l'asse del locomotore.

Fig. 3 — Sezione trasversale fatta per l'asse di una coppia delle puleggie motrici.

Fig. 4 — Altra sezione trasversale condotta fra l'asse medesimo ed il serbatoio alimentatore del freno idraulico, nella quale inoltre apparisce uno dei corpi di tromba di questo freno spaccato secondo l'asse del rispettivo otturatore.

A, intelaiatura di ferro, che serve di sostegno all'intiero locomotore, appoggiandosi a sua volta sugli assi a, a' di due coppie di ruote B, B' semplicemente portanti. Essa è formata di due robuste lungarine collegate fra loro per mezzo di varie traverse, quelle e queste opportunamente traforate per rendere il locomotore più leggiero. La stessa intelaiatura nella parte superiore trovasi terminata da una piattaforma o ponte intermedio *P*, su cui sta il macchinista conduttore del convoglio, da due altri ponti R, R', situati alle due teste del locomotore - al

medesimo livello del ponte P, ed infine dai due ponti Q, Q' più elevati allo scopo di poter comprendere sotto di essi gli alberi di rotazione delle puleggie motrici. Gli scalini annessi a questi due ultimi ponti hanno per oggetto di permettere il passaggio al ponte intermedio P dai due ponti estremi R, R', ai quali si accede mercè le staffe z, z'. Lungo i due fianchi del locomotore i ponti ora menzionati sono provvisti di una ringhiera portata dalle colonnine ζ.

C, C', puleggie motrici del locomotore, in numero di quattro, e due a due montate rispettivamente sugli alberi orizzontali d, d'. Queste puleggie hanno scolpita alla loro circonferenza una gola di sezione rettangolare, il cui fondo è rivestito di trecce d'aloe. Alle medesime, su ciascun fianco del locomotore, si avvolgono le due funi motrici, abbracciandole entrambe per le mezze circonferenze esterne. Si può di leggieri riconoscere che i due tratti di ciascuna fune, i quali in tal modo vengono a risaltare inferiormente fra le rispettive puleggie, incrociandosi a vicenda, camminano nel medesimo verso, e che perciò tra di essi non ha luogo fregamento di sorta.

D, D e D', D', innesti a fregamento montati sugli alberi d, d', per ognuna delle puleggie motrici, mercè dei quali può a volontà stabilirsi o essere interrotta la comunicazione del moto delle due funi motrici agli alberi di rotazione verticali l, l, e l', l', che portano inferiormente le quattro ruote dentate cilindriche di propulsione (L, L, L', L') del locomotore. Il macchinista per manovrare simili innesti si vale del manubrio G (fig. 1 e 4), mediante il quale, e mediante la vite f sottostante, fa girare d'un angolo conveniente il braccio di leva g intorno al suo asse orizzontale i, nell'uno o nell'altro verso, a seconda che si desidera di stringere o di rallentare i quattro innesti. Il movimento dell'asse i, per via dei due tiranti snodati k (fig. 1), viene trasmesso a due altri orizzontali j, j (fig. 2 e 3), paralleli al precedente e situati nel mezzo della larghezza del locomotore poco sotto gli alberi d, d'. Dagli assi j, j, finalmente, il moto, mercè altri tiranti h, h, articolati con bracci di leva, trovasi comunicato ai manicotti e dei quattro innesti, com'è già noto, scorrevoli lungo gli alberi d, d'. Spingendo a motivo d'esempio questi manicotti verso le puleggie motrici C, C', le ruote dentate coniche E, E' da folli diventano attive, epperciò possono trasmettere il moto delle puleggie medesime prima alle ruote dentate coniche compagne F, F' solidarie coi quattro alberi verticali l, l', e poscia alle ruote dentate cilindriche orizzontali L, L', le quali, prendendo allora a svilupparsi

lungo la duplice dentiera sottoposta di propulsione *K*, imprimono al locomotore ed al convoglio intiero il voluto movimento di traslazione nell'ascesa del piano inclinato. Durante la discesa, siccome questa si opera sotto la semplice azione della gravità, viene arrestato il movimento delle funi, ed il macchinista per conseguenza ritorna i manicotti *e* nella posizione primitiva, affine di rendere folli nuovamente le ruote coniche *E, E'* e le ruote di propulsione *L, L'*, indipendenti dalle funi motrici. Il raggio primitivo delle ruote *L, L'* è di $0^m,370$, mentre le puleggie motrici *C, C'* hanno $2^m,50$ di diametro. Tenuto conto del rotismo dentato degli innesti a fregamento, risulta che le velocità circonferenziali delle ruote e puleggie or ora mentovate stanno fra di loro come 1: 4; donde segue che essendo di $10^m,500$ al 1″ la velocità delle funi motrici usuale, quella del convoglio risulterà di $2^m,100$, atteso che le funi debbono dapprima avere comune col convoglio la velocità impressa a quest'ultimo, e di più debbono possedere una velocità di sviluppo sulle puleggie *C, C'* quindi in definitiva una velocità assoluta 5 volte maggiore di quella del convoglio.

H, lungarina centrale di legno dell'armamento della strada, su cui è fermata la dentiera di propulsione *K*.

U, U, nottolini di sicurezza, per mezzo dei quali, mentre il locomotore ascende il piano inclinato, s'impedisce all'occorrenza il movimento di regresso o di discesa del locomotore medesimo. Questi nottolini, in numero di due per ciascun fianco del locomotore, sono girevoli intorno ad assi verticali armati dei bracci di leva λ (fig. 1, tav. X), i quali sospinti due a due dalle molle arcuate θ, costringono gli stessi nottolini a rimanere entro i vani della dentiera *K*, battendo continuamente lungo i fianchi di questa durante l'ascesa del locomotore.

Relativamente ai nottolini in discorso vuolsi avvertire ancora che il macchinista, prima d'intraprendere la discesa del piano inclinato, non deve mai dimenticarsi di allontanarli dalla dentiera, rallentando le molle θ. Per quest'oggetto egli, mercè del manubrio-volante *V* (fig. 1 e 4, tav. VIII e IX, fig. 4, tav. XI) fa girare nel debito verso il piccolo albero di rotazione verticale ω.

Per via della coppia di ruote dentate angolari ψ il movimento dell'albero ω viene comunicato ad un secondo albero orizzontale φ, che infine lo trasmette, mediante una seconda coppia consimile di ruote μ, ad una chiocciola scolpita nel mozzo della maggiore di queste ruote e montata sull'estremità, filettata convenientemente, di un'asta anche orizzontale *y*, situata nel senso

longitudinale del locomotore e portante le due molle θ; siccome all'asta y non è dato di partecipare al moto rotatorio, così è chiaro che essa deve allora rimanere spostata verso la chiocciola, onde la molla θ possa venire rallentata. Nel tempo stesso l'asta y trascina seco le estremità dei bracci di leva ι, e quindi allontana i nottolini della dentiera K. All'incontro, tornando coll'aiuto del medesimo meccanismo, mosso semplicemente in senso inverso, a tendere le molle θ, l'asta y si restituisce nella posizione primitiva, però senza più trascinare con sè i bracci di leva ι, entro le cui estremità anzi può essa scorrere, mentre cammina dalla parte opposta a quella ove trovasi la chiocciola. Dei due archi componenti ciascuna molla, quello situato dalla parte della chiocciola è solidario coll'asta y, l'altro invece è scorrevole sopra questa. Per conseguenza, allorchè l'asta y è ricondotta nella posizione di prima, ritornano pure nella loro posizione primitiva i due nottolini, operando l'asta sui bracci di leva non più direttamente ma per mezzo delle molle θ. In tal modo i nottolini spinti contro la dentiera vi battono contro a colpi intermittenti, cioè al passaggio sopra ogni dente della medesima, e se ne rialzano per la reazione del dente contro il nottolino o la sua molla.

b, b', molle di sospensione del locomotore sulle ruote portanti B, B'. Queste molle a breve corsa appartengono al sistema conosciuto sotto il nome di *Belleville* e constano di tre coppie di archi: la loro tensione può venir regolata mediante la chiocciola c, c'.

δ, paracolpi applicati in numero di due ad ognuna delle teste del locomotore.

ε, ganci d'attacco del locomotore coi veicoli del convoglio, i quali nell'ascesa del piano inclinato precedono, ed al contrario nella discesa seguono, il locomotore, perfettamente simmetrico nelle due teste, epperò non avente bisogno d'essere invertito di posizione sul binario.

ν, ν' (fig. 1 e 3, tav. X e XI), robuste mensole doppie, collegate alle lungarine dell'intelaiatura A del locomotore, le quali servono di sostegno ai cuscinetti degli alberi d, d' delle puleggie motrici C, C'.

σ, σ', anelli fusi colle quattro ruote dentate di propulsione L, L', i quali percorrendo i due orli laterali della ganascia superiore della dentiera K, mantengono esattamente il centro di gravità del veicolo sull'asse longitudinale della strada.

Freni dei quali sono provvisti i due locomotori.

Oltre ai nottolini di sicurezza poc'anzi descritti, che, come si comprende, servono solo durante la salita, il locomotore *Italia* è fornito dei seguenti apparecchi o freni, per moderare la velocità del convoglio nelle discese, od anche arrestare all'occorrenza il movimento del convoglio in un punto qualunque del piano inclinato. Questi freni sono: 1° un freno a tenaglia operante sulla lungarina centrale della strada; 2° un freno a ceppi applicato ad ognuno dei quattro alberi verticali delle ruote di propulsione; 3° un freno a morsa applicato alle puleggie motrici. Il locomotore *Francia* non ha il freno a ceppi, ma in sua vece è fornito di un freno idraulico a stantuffo operante sui predetti alberi verticali.

Ecco la descrizione di questi freni.

1° Freno a tenaglia applicato contro i fianchi della lungarina centrale della strada.

Consiste questo freno, la cui potenza è tale che basta da solo per arrestare il convoglio, in due guancie di ferro *I*, le quali sino al rifiuto si possono stringere contro i fianchi della lungarina centrale della strada *H*, da cui è sostenuta la dentiera di propulsione *K*. Il macchinista regola il grado di chiusura di questo freno mercè la manovella *M* (fig. 1, 2 e 4, tav. VIII, IX, X ed XI). Il movimento impresso a questa manovella per mezzo delle tre coppie *m*, *n* e *n'* di ruote dentate d'angolo trovasi dapprima comunicato a due alberi orizzontali di rotazione *N*, *N'*, disposti trasversalmente al locomotore, su ciascuno dei quali sono scolpite due viti di filo contrario. Su queste viti sono infilate due chiocciole, le quali nel loro moto di traslazione trascinano seco le estremità superiori delle due leve *O*, *O'*, girevoli intorno ad assi orizzontali *o*, *o'*, e portanti inferiormente sull'uno e sull'altro fianco del locomotore le due guancie *I*, *I* del freno, la di cui lunghezza è di 0^m, 950.

2° Freno a ceppi di legno operante sui quattro alberi verticali delle ruote di propulsione.

Il presente freno, pure a fregamento, consta per ognuno dei suddetti alberi di due ceppi o scarpe di legno frassino *p*, *p'* (fig. 1, 2 e 4, tav. VIII e IX) combacianti con un anello di ferro *q*, invitato all'intorno delle ruote dentate coniche *F*, *F'*, solidarie con questi alberi. Il macchinista, per far funzionare questo freno, ricorre ai due manubrii *S*, *S'*, per mezzo dei quali e delle due coppie di ruote d'angolo *v*, comunica primieramente il moto a

due alberi di rotazione orizzontali *l*, *l'*. Questi due alberi a loro volta, mercè di una vite perpetua e d'una ruota dentata *u*, lo trasmettono ai due alberi *S*, i quali operano entrambi ad un tempo sui ceppi *p*, *p'*, due a due accoppiati tra di loro mediante i pezzi di ferro *r*, *r*, che sono, entro apposite chiocciole, attraversati dall'albero *s*, rispettivo, munito, appunto per questo scopo, di due viti di passo contrario.

Questo freno è particolarmente destinato a moderare la velocità durante la discesa del piano inclinato, mentre il freno a tenaglia s'impiega specialmente per arrestare ogni movimento del convoglio. Prima che incominci la discesa non si ha bisogno d'ordinario che di chiudere soltanto in parte questo ultimo freno a tenaglia. Lungo la discesa poi giungesi a contenere la velocità del convoglio entro limiti convenienti col chiudere semplicemente più o meno il primo freno a ceppi. A rendere poi meno saltuaria l'azione del medesimo freno a ceppi si riconobbe siccome molto efficace il munire tanto gli anelli *q*, quanto i ceppi *p*, *p'*, di scanalature di sezione triangolare, in guisa cioè da ottenere come un incastro dentato a cuneo (fig. 5, tav. IX). A questo semplice spediente unendo per ultimo quello di mantenere continuamente inaffiate d'acqua le superficie fregantisi, e di più avendosi cura di rendere gli assi di rotazione dei due manubrii *S*, *S'* dipendenti fra loro, per esempio mediante una catenella articolata senza fine, l'esperienza ha dimostrato che coll'attuale freno è possibile il regolare la discesa intiera del piano inclinato al grado di velocità che si desidera, e volendolo anche a passo d'uomo. L'acqua necessaria per lo stesso freno viene somministrata da quattro appositi serbatoi collocati sui quattro angoli del locomotore, e dai quali pure si derivano su ciascun fianco del locomotore due altri getti d'acqua continui o discontinui pel freno già descritto a tenaglia. Il freno a ceppi è alimentato d'acqua abbastanza bene col conservare unicamente imbibite di questa alcune spugne acconciamente sovrapposte ai ceppi medesimi.

x, copri-ruota invitati sulla piattaforma centrale *P* del locomotore, per difendere il macchinista dalle ruote dentate *u*.

3° Freno a morsa applicato alle puleggie motrici.

Si è eziandio trovato utile di valersi delle puleggie motrici *C*, *C'* come freno, impedendone il movimento rotatorio, ed obbligandole così a strisciare, in luogo di svilupparsi, sulle due funi motrici, le quali durante la discesa stanno per lo più immobili. Per questo scopo (fig. 1, 2 e 4, tav. VIII, IX, X ed XI)

il locomotore sul mezzo della sua lunghezza, poco sopra del ponte centrale P, trovasi attraversato dall'albero di rotazione orizzontale z, il quale, oltre alle due ruote dentate y, y', porta in ciascuna estremità fra le circonferenze delle puleggie C, C' una vite γ a due fili inversi. Sopra queste viti sono infilate due chiocciole α, β di bronzo foggiate a disco, mediante le quali ed i manubrii T, T', i cui assi trovansi muniti di viti perpetue formanti incastro colle ruote dentate y, y', le chiocciole stesse si possono stringere contro la corona delle puleggie C, C', rese folli in un coi rispettivi alberi d, d', a segno da farne cessare la rotazione e produrre così il loro strisciamento sulle due funi. Attesa la sua lunghezza, l'albero motore z del presente freno è nel mezzo sostenuto da un terzo cuscinetto w.

4° Freno idraulico.

Quest'ultimo freno, fondato sull'incompressibilità dell'acqua, si compone (fig. 1, 2 e 4, tav. X ed XI) di quattro corpi di tromba orizzontali Y, collocati sotto la piattaforma centrale P, due a due l'uno sul prolungamento dell'altro, e cogli assi giacenti nei due piani che passano per gli assi dei quattro alberi verticali l delle ruote di propulsione L, L'. In ciascuno di questi corpi di tromba scorre con movimento alterno uno stantuffo, il cui gambo γ', per mezzo d'un tirante articolato Z, è congiunto al rispettivo albero l, piegato in forma di gomito. Le due camere, in cui lo stantuffo divide l'interno del rispettivo corpo di tromba, comunicano fra di loro per via di un piccolo canale l', la cui sezione di mezzo può restringersi ad arbitrio, ed anche chiudersi affatto, mercè d'una chiave a vite ρ girevole intorno ad un asse verticale, ed alla quale daremo il nome di *otturatore*. Gli stessi corpi di tromba, allorchè il freno deve funzionare, vogliono essere interamente, compresi i canaletti l', ripieni d'acqua, la quale vi discende pei piccoli tubi φ' dipartentisi dalla cassettina ψ' alimentata a sua volta dal serbatoio W, mediante il tubo θ'.

Acciò l'acqua possa riempire costantemente in modo perfetto l'interno dei quattro corpi di tromba, i tubi φ', laddove fanno capo nei corpi medesimi, sono muniti di valvolette alimentatrici, le quali, rattenute da una molla spirale avvòlta al loro gambo, si aprono però automaticamente appena che si verifichi il menomo difetto d'acqua in qualsiasi dei corpi di tromba. L'aprimento di queste valvolette non solo è allora prodotto dall'altezza d'acqua sovrincombente fino al livello supremo nel serbatoio alimentatore W, ma vien reso del tutto sicuro dall'essere questo serbatoio al dissopra dell'acqua ripieno d'aria compressa in grado

conveniente, mercè la tromba a mano λ. Si riconosce questo grado della pressione esercitata sull'acqua per mezzo di un manometro metallico. Così pure lo stesso serbatoio trovasi munito di una valvola di sicurezza con bilancia a molla ρ' acciò la pressione ora accennata non abbia ad oltrepassare il valore massimo prestabilito. L'aria compressa dalla tromba λ penetra nel serbatoio W pel tubo ω'.

Si regola poi il grado d'apertura dei quattro otturatori p simultaneamente mercè del manubrio X, col quale mettonsi in moto primieramente le coppie di ruote dentate angolari α', quindi due viti perpetue β', e con queste, unitamente ai settori dentati δ', due degli otturatori, dai quali infine il movimento viene trasmesso agli altri due otturatori per via dei bracci di leva e tiranti articolati ε'. Al manubrio motore X va poi unito un indice, il quale su di apposito quadrante graduato fa conoscere il grado di apertura degli otturatori. Siccome in qualunque caso la chiusura perfetta di questi produrrebbe l'arresto immediato della circolazione dell'acqua dall'una all'altra delle camere dei corpi di tromba, quindi anche degli stantuffi di questi corpi di tromba, degli alberi verticali l e per ultimo del convoglio intiero, così la corsa dello stesso manubrio si trova per mezzo di un qualche ostacolo limitata in modo da non potersi mai nei casi ordinari ottenere tale chiusura completamente.

È poi ovvia la maniera di far uso del presente freno, che è di un'azione prontissima e potentissima. Nell'ascesa del piano inclinato, se i corpi di tromba trovansi già carichi d'acqua, si aprono intieramente i quattro otturatori, per guisa che si ha solo da vincere la resistenza per far passare l'acqua da una camera all'altra dei corpi di tromba attraverso ai canaletti λ' di sezione uniforme. Durante la discesa, volendosi moderare la velocità del convoglio, basterà restringere convenientemente la sezione di mezzo degli stessi canaletti: la qual cosa tosto produrrà l'accrescimento della resistenza suddetta. È poi evidente che, per motivo dell'incompressibilità dell'acqua, gli otturatori debbono essere chiusi della quantità necessaria, non d'un tratto, ma per gradi il più possibilmente continui.

Per causa di questo freno il locomotore *Francia* pesa chilogr. 13096 in luogo di chilogr. 11827 costituenti il peso del locomotore *Italia*, il quale, invece dello stesso freno, porta un freno a ceppi. Segue da ciò che l'eccesso del peso del freno idraulico su quello del freno a ceppi sale a chilogr. 1209, quantità molto considerevole quando si tratti di forti pendenze.

Per rapporto ai mezzi per moderare la velocità durante la discesa del convoglio, dobbiamo ancora aggiungere che ciascuno dei veicoli componenti quest'ultimo trovasi munito di un freno speciale, a fregamento ed a mano, simile al freno a tenaglia dei due locomotori, e quindi operante sulla lungarina centrale della strada.

i) — Fune motrice — Tavola XIII.

Fig. 1a — Proiezione orizzontale della fune.
Fig. 2a — Sua sezione trasversale.

A, fune motrice, composta di sei trefoli o legniuoli *a*, formati ciascuno di 8 fili d'acciaio *b* del diametro di 2 millim. Questi e quelli sono disposti ad elica ad anime di canape ben compressa *c*, *d*. Il diametro esterno della sezione retta di cosifatta fune è di 22 millim.; il suo peso per metro corrente è di chilogr. 1,50. L'area della sezione medesima, però per la sola parte metallica, la quale entra per $\frac{19}{20}$ nel peso precedente, può ritenersi di 182 millim. quad. Secondo il costruttore, Newal e C. di Londra, il coefficiente di resistenza adottabile praticamente per simile fune è superiore a chilogr. 16 per millim. quad., vale a dire quasi $\frac{1}{7}$ del coefficiente di rottura; un tal coefficiente però parrebbe esagerato per un lavoro continuo e rude come quello che la fune subisce nel sistema Agudio.

Il cammino percorso da ciascuna delle due funi motrici del piano inclinato è il seguente. Partendo dalla rispettiva puleggia motrice nell'edifizio delle turbini, la fune va al piede del piano inclinato ad avvolgersi alla sua puleggia tenditrice presso che intieramente in linea retta. Giunge su questa puleggia nella parte superiore, ed abbracciatala per mezza circonferenza, scende sotto di essa in direzione parallela all'asse longitudinale della strada, esternamente ad una delle rotaie. Lungo la strada la fune medesima trovasi sostenuta e guidata da piccole puleggie girevoli intorno ad assi orizzontali nei tronchi rettilinei, ed intorno ad assi leggermente inclinati verso la convessità della strada nei tratti curvilinei. Secondato così esattamente l'andamento della strada, la fune perviene alla sommità del piano inclinato, ove, eziandio per mezza circonferenza, si accavalca dall'alto al basso ad una grande puleggia di rimando, dalla quale

si diparte deviando, dopo breve intervallo, dal piano inclinato, onde far ritorno esternamente a questo e per una via più breve, composta in proiezione orizzontale (fig. 1, tav. I) di tre tratti rettilinei, alla sua puleggia motrice. Dalla sommità del piano sino all'edifizio delle turbini le funi funzionano a somiglianza di due trasmissioni telo-dinamiche, mentre per tutto il rimanente della loro lunghezza sono soggette, oltre a quella dovuta alla semplice forza di gravità, alla tensione prodotta dai contrappesi, che trovansi applicati ai due tenditori nel piede del piano inclinato. Nei punti di deviazione i due tratti discendenti trovansi guidati da un conveniente numero di puleggie ad asse verticale e così disposte da produrre il dovuto cangiamento di direzione delle funi. Ci è poi già noto che queste ultime debbono sempre camminare dal piede verso la sommità del piano inclinato. Aggiungeremo ora che la loro velocità è d'ordinario di $10^m,50$ per $1''$, la quale corrisponde press'a poco a 250 giri delle turbini per ogni $1'$, e ad una velocità del convoglio di chilom. 7 1|2 all'ora; e di più che durante l'esercizio le due funi vogliono essere spalmate d'una sostanza lubrificante, ad esempio con una soluzione di glicerina. Questa operazione eseguivasi a Lanslebourg ad ogni quindici giorni.

k) — Puleggie direttrici, o di rimando delle funi alla sommità del piano inclinato. — Tavola XIII.

Fig. 1_b — Elevazione longitudinale delle due puleggie.
Fig. 2_b — Proiezione orizzontale.
Fig. 3_b — Elevazione di fianco.

A, A', puleggie direttrici, o di rimando, delle due funi motrici, situate alla sommità del piano inclinato. Esse sono girevoli intorno ad assi orizzontali, ed hanno per diametro 4^m. I tratti ascendenti delle due funi, passando sopra queste puleggie, le abbracciano prossimamente per una mezza circonferenza entro apposita gola di sezione rettangolare. Le stesse funi, nel dipartirsi dalle presenti puleggie, come già si è notato, si mantengono per breve spazio nel piano di queste, ed in seguito, guidate da altre puleggie di rinvio opportunamente disposte, abbandonano il piano inclinato per dirigersi alle puleggie motrici situate a piccola distanza dal piede di questo piano, percorrendo un cammino più diretto, e quindi minore di quello descritto dai loro tratti ascendenti.

B, B', castelli di legno, raccomandati a pali *b* infissi nel suolo, i quali portano i cuscinetti *a, a'* delle puleggie *A, A'*.

C, C', morse d'arresto delle due funi motrici.

l) Puleggie di tensione delle funi motrici al piede del piano inclinato. — Tavola XII.

Fig. 1_c — Elevazione longitudinale delle due puleggie.

Fig. 2_c — Proiezione orizzontale.

Fig. 3_c — Elevazione di fianco.

A, A', puleggie di tensione delle due funi motrici, che le abbracciano e per una semicirconferenza. I tratti che vanno da queste puleggie sono i tratti ascendenti lungo il piano inclinato e si dipartono dalle medesime inferiormente. I tratti che vengono ad esse dalla parte superiore corrispondono invece ai due tratti discendenti od esterni al piano inclinato e provengono dalle due turbini.

B, B', robusti castelli di legno, che sostengono gli assi *a, a'* delle puleggie *A, A'*. Questi due castelli, a guisa di treggie, sono armati di scarpe metalliche *c* e possono scorrere nei due sensi lungo le guide o travi di legno sottostanti *C, C'*, le quali a loro volta trovansi collegate ad altre travi trasversali e raccomandate ai pali *b* infissi nel suolo. Affine di mantenere i castelli medesimi appoggiati continuamente sulle travi *C, C'*, quelli e queste sono circondati da staffe *d, d'*.

D, D', dinamometri a molla, i quali servono ad indicare il grado di tensione delle due funi.

E, E', ritti, infissi nel suolo, del telaio portante le mensole, da cui pendono i contrappesi *F* dei due tenditori. Da ognuno dei castelli *B, B'* si partono le tre catene *e, f, f*, ed *e', f', f'*, le quali vanno a riunirsi coll'estremità di due robuste corde di canape *i, i'* poste sul prolungamento delle catene centrali. Queste corde si accavalcano alle due carrucole di rimando *h, k*, e portano nei loro capi liberi gli accennati contrappesi.

g, g', uncini annessi ai castelli o treggie *B, B'*, ed ai quali si aggrappano le catene laterali *f, f*, e *f, f'*. Al contrario di queste le due catene centrali *e, e'* vanno ad agganciarsi non già direttamente alle treggie medesime, ma ad un organo intermedio che è appunto il dinamometro sopra mentovato.

m) Dinamometro delle puleggie di tensione delle funi motrici. — Tavola XII.

Fig. 1_d — Proiezione orizzontale del dinamometro.
Fig. 2_d — Sezione longitudinale.
Fig. 3_d — Sezione trasversale.

G, traversa di legno a cui trovasi raccomandato il dinamometro.

Consiste questo strumento in un'asta di ferro *m*, la quale può scorrere entro un foro praticato nella traversa medesima *G*; in una estremità l'asta è congiunta a snodo con una delle catene centrali *e*, *e'*, menzionate poc'anzi (fig. 1_c, 2_c e 3_c), e porta infilate sopra di sè, dall'altra parte della traversa, una serie *I* di molle Belleville, cioè arcuate e rivolgentisi due a due a vicenda la loro concavità. L'asta stessa *m* è unita ad un indice orizzontale *n*, che scorre lungo una graduazione *o* scolpita sulla faccia superiore della traversa *G*. Da fatti esperimenti risulta che la punta di questo indice si sposta di 1 millim. ad ogni 100 chilogr. di variazione nella tensione della fune motrice. È poi palese che, onde il presente strumento possa agire, fa mestieri distaccare dai castelli sostenenti le puleggie tenditrici delle due funi le catene laterali *f*, *f*, e *f'*, *f'*, od almeno rallentare alquanto queste catene, che allora servono come catene di sicurezza, lasciando unicamente a sito le due catene centrali *e*, *e'*. Si aveva dapprima in animo d'impiegare dei tenditori fissi, ma si dovette poscia rinunziarvi, non prestandosi questi alle variazioni di lunghezza delle due funi, che si verificano sia quando s'arresta il convoglio, sia quando, come già si è avvertito parlando dell'indipendenza reciproca delle due turbini, il convoglio percorre dei tronchi curvilinei della strada.

n) Castelletto di sostegno delle trasmissioni telodinamiche. — Tavola XIII.

Fig. 1_e — Elevazione anteriore del castelletto.
Fig. 2_e — Elevazione laterale.
Fig. 3_e — Proiezione orizzontale.
Fig. 4_e — Proiezione orizzontale, senza le due puleggie.

A, *A'*, puleggie di diametro 1^m e distanti fra loro di 80^m, dalle quali sono sostenuti i tratti discendenti delle due funi motrici. Queste puleggie sono munite di una gola a somiglianza di quelle delle ordinarie trasmissioni telodinamiche.

B, *C* e *D*, pali di legno saldamente infissi nel suolo e rilegati fra loro dalle traverse parimente di legno *g*, *i* ed *e*. Sopra la più alta di queste traverse *e* sono fermati i cuscinetti *b* e *c* degli assi di rotazione *a*, *a'* delle due puleggie, le quali non possono avere comune l'asse di rotazione, dovendo essere folli e indipendenti tra di loro.

f, chiavarde d'unione delle traverse *g*, *i*, *e* colla sommità dei pali *B*, *C*, *D*.

o) Morsa d'arresto delle funi motrici. — Tavola XIII.

Fig. 1_f — Elevazione longitudinale della morsa.
Fig. 2_f — Proiezione orizzontale.
Fig. 3_f — Elevazione di fianco.

A, fune motrice.

B e *C*, ganascie di ferro della morsa, girevoli intorno ai perni *b*, *b'*.

B' e *C'*, posizioni delle due ganascie allorquando la morsa è interamente aperta.

D, *D'*, chiocciole, armate ognuna di un doppio manubrio ed infilate sopra due viti, le quali, dopo d'avere attraversate le ganascie *B*, vanno a congiungersi a snodo in *c*, *c'* colle altre ganascie *C*. Facendo girare nel debito verso queste chiocciole, si viene a stringere fra le ganascie medesime la fune *A* in modo da renderla immobile. La quale operazione può essere vantaggiosa durante la discesa del convoglio lungo il piano inclinato, ovvero anche necessaria allorchè devesi arrecare qualche riparo alle funi od alla strada. Come scorgesi nelle fig. 1_b, 2_b, e 3_b della presente tavola, alla sommità del piano inclinato trovansi applicati due di questi organi d'arresto, uno per ciascuna fune, mercè dei quali ogni fune può venire amarrata, rendendo così possibile il rimuovere, ad esempio, dal suo luogo uno dei tratti discendenti senza dovere scavalcare quelli esterni dalle puleggie della trasmissione telodinamica.

E, piastra di base della morsa, colla quale sono fusi i guancialini dei perni *b*, *b'*: questa piastra è solidamente raccomandata per mezzo di tiranti a vite *a* ad apposita traversina di legno sottostante *F*.

Nota B

Esperimenti instituiti sul piano inclinato di Lanslebourg

Era scopo delle esperienze l'esame del funzionamento del motore e della trasmissione funicolare nei tre distinti casi, che cioè la trasmissione girasse a vuoto, che essa servisse solo a far salire il locomotore, ed infine che con questo si rimorchiasse il massimo treno utile possibile. Si voleva inoltre ricercare, pei tre casi, la quantità di lavoro occorrente, onde conoscere le resistenze passive e poscia l'effetto utile del sistema.

Vennero perciò eseguite tre esperienze coi tre casi sovra distinti, osservando in ognuna di esse il grado di apertura delle turbini necessario pel funzionamento ed anche la quantità d'acqua smaltita alle medesime. Ed infine, dopo d'avere scavalcate le due funi motrici dalle grandi puleggie di trasmissione delle due turbini, venne applicato a queste il freno dinamometrico di Prony allo scopo di ottenere la misura della forza sviluppata dalle medesime coi gradi d'apertura avuti nelle tre esperienze.

Il primo esperimento fecesi nei giorni 20 e 21 agosto sulle funi mosse semplicemente a vuoto, cioè senza che esse rimorchiassero carico di sorta su pel piano inclinato. Per rimanere in questo esperimento nelle ordinarie condizioni di esercizio del sistema, si lasciarono le due funi avvolte alle puleggie motrici del locomotore, situato nel frattempo al piede del piano inclinato, ben inteso rendendo folli le puleggie medesime sui loro alberi di rotazione, coll'aprire internamente i quattro innesti a fregamento del locomotore. Ad eccezione dei numeri relativi alla misura del volume d'acqua smaltito dalle turbini, che riferiremo più tardi, i risultati dell'esperimento in discorso trovansi riportati nelle prime sei colonne del seguente quadro I.

I — Prove dei giorni 20 e 21 Agosto 1875.

Variazioni del grado d'apertura dei distributori e del numero dei giri delle turbini durante ciascun esperimento.

Tempo trascorso dal principio dell'esperimento	FUNI MOSSE A VUOTO					Ascesa del solo locomotore *Italia* (peso 12652 chilogr.)				Ascesa del locomotore *Italia* in un col convoglio (peso totale lordo chilogr. 34055)				ANNOTAZIONI
	Grado d'apertura dei distributori	Numero dei giri delle turbini			Numero dei giri delle ruoteggie motrici del locomotore in ogni 1'	Grado di apertura dei distributori	Numero dei giri delle turbini			Grado d'apertura dei distributori	Numero dei giri delle turbini			
		letto sul contatore	di 30 in 30 secondi	di minuto in minuto primo			letto sul contatore	di 30 in 30 secondi	di minuto in minuto primo		letto sul contatore	di 30 in 30 secondi	di minuto in minuto primo	
	m/m					m/m				m/m				
0',00"	0	2226	»	»	»	0	7560	»	»	0	4373	»	»	
0,30	25	2234	8	»	»	30	7577	27	»	30	4393	20	»	
1,00	25	2287	53	61	»	30	7650	73	100	30	4465	72	92	
1,30	25	2368	81	»	»	32,5	7742	92	»	30	4578	113	»	
2,00	25	2464	96	157	60	32,5	7847	105	197	30	4675	97	210	
2,30	35	2570	106	»	»	70 (1)	7957	110	»	100 (1)	4780	105	»	(1) Avviamento del locomotore e del convoglio.
3,00	35	2688	118	224	80	70	8072	115	225	100	4908	128	233	
3,30	35	2810	122	»	80	70	8192	120	»	100	5028	120	»	

4,00	35	2932	122	244	80	82,5	8322	130	250	155	5148	120	240	
4,30	35	3062	130	»	84	82,5	8450	128	»	165	5272	124	»	
5,00	30	3182	120	250	84	82,5	8572	122	250	165	5398	126	250	
5,30	30	3312	130	»	84	82,5	8700	128	»	160	5525	127	»	
6,00	30	3435	123	253	84	82,5	8827	127	255	160	5650	125	252	
6,30	30	3562	127	»	84	77,5	8950	123	»	160	5778	128	»	
7,00	30	3682	120	247	84	80	9095	145	268	153 (2)	5905	127	255	(2) Il convoglio passa in un tronco della strada meno accidentato.
7,30	30	3812	130	»	84	80	9320	125	»	153	6030	125	»	
8,00	30	3930	118	248	82	80	9460	140	265	150	6152	122	247	
8,30	30	4052	122	»	82	80	9584	124	»	150	6277	125	»	
9,00						82,5	9713	129	253	157,5 (3)	6394	117	242	(3) Tronco il più difficile.
9,30						87,5	9834	121	»	167,5	6507	113	»	
10,00						87,5	9963	129	250	167,5	6625	118	231	
10,30						82,5	129 (4)	166	»	167,5	6750	125	»	(4) Il contagiri torna a zero dopo 9999 giri.
11,00						82,5 (5)	218	89	255	167,5	6880	130	255	
11,30						82,5 (6)	330	112	»	167,5 (5)	7000	120	»	(5) Disinnestamento del locomotore.
12,00						»	»	»	»	167,5 (6)	7105	105	225	(6) Arresto delle turbini.
Medie	30,7	»	»	213,8	82 (7)	80,1 (8)	»	»	263,4	150,8 (8)	»	»	246,6(8)	(7) Non tenuto conto della prima osservazione. (8) Dall'avviamento del convoglio al disinnestamento del locomotore.

Apparisce da questo quadro che le quantità osservate furono: 1° il grado di apertura dei distributori delle turbini; 2° il numero dei giri di queste, letti l'uno e l'altro di 30 in 30 secondi per tutta la durata dell'esperimento sopra apposita graduazione dell'arco otturatore di uno dei distributori, e su di un contagiri applicato all'albero della turbine corrispondente; 3° il numero dei giri delle puleggie motrici del locomotore, indicato da un secondo contagiri, che venne applicato ad uno dei loro alberi, di minuto in minuto primo.

Il massimo grado di apertura dei distributori, uguale a 30 millim., che è registrato nel presente quadro e deve intendersi applicabile ad entrambe le turbini, giacchè queste trovansi in condizioni affatto identiche, corrisponde alla velocità con cui abitualmente si fanno camminare le due funi motrici. Essendo il diametro delle puleggie motrici del locomotore uguale a $2^m,500$, ove assumasi per loro numero medio di giri al minuto primo 82, si ricava pel valore di tale velocità in metri al 1'

$$\frac{3,142 \times 2,50 \times 82}{60} = 10^m,72$$

Dopo la prova della trasmissione funicolare a vuoto fecesi passaggio a quella del sistema considerato nella sua piena azione, vale a dire quando colle funi sale un carico pel piano inclinato, ovvero anche si fa discendere un carico lungo questo piano. Queste prove furono in numero di due, l'una cioè fatta col solo carro destinato a ricevere direttamente il moto dalle funi e detto locomotore, l'altra con questo locomotore congiunto al massimo convoglio possibile. In entrambe, con eguale cura, si eseguirono tutte le osservazioni necessarie tanto per l'ascesa, quanto per la discesa del piano inclinato: ossiano per l'ascesa le osservazioni del peso trasportato, della velocità di traslazione di ettometro in ettometro, del grado di apertura dei distributori e del numero dei giri delle turbini di 30 in 30 secondi, e da ultimo ancora della quantità d'acqua somministrata al motore; per la discesa le osservazioni relative soltanto al carico trasportato ed alla velocità di traslazione, atteso che quella si fa rendendo indipendente il locomotore dalle funi motrici, le quali allora stanno immobili, ed abbandonando locomotore e convoglio semplicemente alla forza di gravità, la cui azione acceleratrice viene moderata col mezzo dei freni annessi al locomotore medesimo.

Le osservazioni risguardanti la velocità di trazione si effet-

tuarono notando sopra un orologio a secondi il tempo al passaggio del locomotore dirimpetto ad ognuno degli ettometri del piano inclinato indicati da apposito segnale. Le cifre raccolte in queste osservazioni, distintamente per l'ascesa e la discesa, sono riferite nei due quadri seguenti II e III, mentre nel quadro I antecedente si troveranno quelle concernenti il grado di apertura dei distributori ed il numero dei giri delle turbini, letti nelle due corse ascendenti.

Diamo qui per rapporto alle stesse prove i numeri relativi al carico trasportato. Nella prima prova col solo locomotore *Italia*, il cui peso in completo assetto di servizio è di chilogr. 11827, siccome sopra di esso oltre al macchinista ed al suo aiutante trovavansi altre 9 persone, il peso totale trasportato fu ritenuto di chilogr. $(11827 + 11 \times 75) = 12652$.

Nella seconda prova la composizione del convoglio, il quale dallo stesso sig. Agudio venne giudicato siccome il massimo possibile, era la seguente:

Locomotore *Italia*.	chilogr.	11827
Con 5 persone, compresi il macchinista ed il suo aiutante, 5×75 chilogr.	»	375
Locomotore *Francia* disinnestato.	»	13096
Con 5 persone, 5×75 chilogr.	»	375
Un carro, tara e carico	»	7782
Più 8 persone, 8×75 chilogr.	»	600
Totale peso del convoglio lordo . . .	chilogr.	34055

A questo peso però, come risultò da ricerche fatte in proposito, debbonsi aggiungere ancora due tonnellate per rappresentare, quantunque in modo affatto approssimativo, il peso di convoglio, la cui resistenza alla trazione uguaglia sulla pendenza media del piano inclinato quella prodotta dal meccanismo del locomotore *Francia* operante a vuoto, ossia avente le sue puleggie motrici liberate dalle funi ed i quattro innesti a fregamento del tutto rallentati. Ammessa questa cifra di 2 tonnellate, il vero peso totale del convoglio lordo trasportato nella prova in discorso ammonta a chilogr. 36055; e per conseguenza si ha pel corrispondente peso del convoglio utile, escluso cioè il vero carro locomotore *Italia* unitamente al macchinista ed al suo aiutante, chilogr. $(36055 - 11827 - 2 \times 75) = 24078$.

A proposito delle 2 tonnellate virtuali, di cui sopra, è da notarsi che allorquando s'instituirono gli esperimenti l'ingegnere Agudio non aveva disponibili altri veicoli con cui formare un

convoglio utile di questo peso, senza dover ricorrere all'impiego del locomotore *Francia*, il quale colle resistenze passive proprie del suo meccanismo, assai difficili a stimarsi con sufficiente approssimazione, ha reso impossibile il valutare in modo esatto ed affatto degno di fiducia il peso del convoglio utile sperimentato. È un fatto però che sempre nelle manovre eseguite sul locomotore *Francia*, questo, per motivo del suo complicato meccanismo e fors'anche della sua imperfetta costruzione, ha opposto una grande resistenza ad essere semplicemente smosso dalla sua posizione sul binario del piano inclinato. Queste manovre, fatte mediante un paranco a tre carrucole raccomandato ad un punto fisso con tiro parallelo al piano della strada, sopra un tronco orizzontale di questa, richiedevano l'opera almeno di 10 uomini. Stimando perciò di 30 chilogr. lo sforzo di ciascun uomo, ed inoltre supponendo che le resistenze del paranco ne assorbissero il 25 per cento, si ricava per lo sforzo totale esercitato sul locomotore chilogr. $(0,75 \times 30 \times 10 \times 6) = 1350$; il quale sforzo si può ridurre alla metà, cioè a soli chilogr. 675, onde tener conto sia della resistenza del locomotore considerato come un semplice veicolo, sia della circostanza che l'attrito sviluppantesi in tali manovre era un attrito di primo distacco, maggiore quindi dell'attrito durante il moto. Malgrado questa notevole riduzione, se si divide il numero 675 per la pendenza media del tronco del piano inclinato, su cui vennero fatti gli esperimenti, vale a dire per 0,2595, si otterrà per il peso di convoglio in tonnellate equivalente alle resistenze del meccanismo del locomotore 2,601. D'altra parte queste resistenze calcolate teoricamente risultavano assai minori; si è quindi adottato pei calcoli della presente Nota il valore medio di 2000 chilogr.

II — *Variazione della velocità di traslazione del convoglio durante l'ascesa del piano inclinato.*

Numero d'ordine degli ettometri	Locomotore *Italia* solo (12652 chilogr.)			Locomotore *Italia* con convoglio (totale peso lordo chilogr. 36055)			ANNOTAZIONI
	Spazi percorsi	Tempo impiegato	Velocità media per ogni chilom.	Spazi percorsi	Tempo impiegato	Velocità media per ogni chilometro	
	metri	minuti secondi	metri per ogni 1″	metri	minuti secondi	metri per ogni 1″	
Partenza	»	»	»	»	»	»	
1	40	» (1)	»	49,50	28	1,77	(1) Osservazione fallita.
2	100	45	2,22	100	47	2,13	
3	100	45	2,22	100	48	2,08	
4	100	46	2,17	100	47	2,13	
5	100	45	2,22	100	44	2,27	
6	100	49	2,04	100	46	2,17	
7	100	46	2,17	100	45	2,22	
8	100	44	2,27	100	46	2,17	
9	100	45	2,22	100	49	2,04	
10	100	46	2,17	100	50	2,00	
11	100	45	2,22	100	48	2,08	
12	100	44	2,27	100	46	2,17	
Arrivo	40	»	»	40	52	0,77	
	Spazio totale percorso	Tempo totale impiegato	Velocità media durante l'intera salita	Spazio totale percorso	Tempo totale impiegato	Velocità media durante l'intera salita	(2) Pel quale spazio soltanto si è potuto osservare il tempo di ettometro in ettometro. Però il vero spazio totale percorso essendo di metri 1180, ed il tempo impiegato nell'intera salita corrispondente a questo spazio di 9′, 48″, la vera velocità media da ritenersi risulta di m. 2,01.
	(2) 1100m	8′, 20″	2m,20	m. 1189,50	9′, 56″	2m,00	

III — *Variazione della velocità di traslazione del convoglio durante la discesa del piano inclinato.*

Numero d'ordine degli ettometri	Locomotore *Italia* solo (chilogr. 12652)			Locomotore *Italia* con convoglio (totale peso lordo chilogr. 35900 (1))			ANNOTAZIONI
	Spazi percorsi	Tempo impiegato	Velocità media per ogni ettometro	Spazi percorsi	Tempo impiegato	Velocità media per ogni ettometro	
	metri	minuti secondi	metri per 1″	metri	minuti secondi	metri per 1″	
Partenza	»	»	»	»	»	»	(1) Chilogr. 35900 invece di 36055, come nel quadro antecedente, perchè sono discesedal convoglio 2 persone.
12	40	»	»	40	» (2)	»	
11	100	»	»	100	65	1,54	
10	100	»	»	100	35	2,86	(2) Osservazione fallita.
9	100	»	»	100	54 (3)	1,85	(3) Arresto momentaneo
8	100	»	»	100	35	2,86	
7	100	»	»	100	36	2,78	
6	100	»	»	100	33	3,03	
5	100	»	»	100	34	2,94	
4	100	»	»	100	34 (4)	2,94	(4) Si misero in moto le funi.
3	100	»	»	100	34	2,94	
2	100	»	»	100	27	3,70	
1	100	»	»	100	33	3,03	
Arrivo	40	»	»	49,50	22	2,25	
	Spazio totale percorso	Tempo totale impiegato	Velocità media durante l'intera discesa	Spazio totale percorso	Tempo totale impiegato	Velocità media durante l'intera discesa	
	1180m	8′,00″	2m,46	1189m,50	7′,22″	2m,69	

Trovate così le aperture necessarie per ottenere gli accennati lavori, si proseguì nei giorni 22, 23 agosto alla ricerca, col mezzo del freno di Prony, del lavoro rappresentato da quelle aperture, sul quale analoghe ricerche eransi già fatte nei giorni 20, 21 Luglio. Lo strumento venne applicato sopra di una corona fusa appositamente con ciascuna delle grandi ruote dentate di trasmissione del moto dalle turbini alle funi, per modo che il lavoro così misurato vuol essere considerato siccome il vero lavoro motore speso per far funzionare il sistema, vale a dire per produrre l'ascesa del convoglio lungo il piano inclinato e vincere le resistenze passive della trasmissione funicolare, indipendentemente da quelle del meccanismo delle turbini. Chi ha assistito alla misura di quasi 250 cavalli a vapore di forza per mezzo del freno di Prony, com'era appunto il caso presente, sa quante difficoltà si oppongono all'ottenimento di risultati esatti. Dall'un canto il carico poco maneggiabile, per la sua mole, del braccio del freno, e da un altro canto l'impossibilità di regolare in maniera uniforme la pressione, come pure la lubrificazione tra la puleggia ed il collare del freno, in causa del grande diametro di quest'ultimo ($3^m,20$), hanno fatto sì che è stato d'uopo di procedere per tentativi e di contentarsi di risultati soltanto approssimati.

Quel che specialmente importava di determinare era la forza sviluppata dalle due turbini nei tre casi della trasmissione funicolare muoventesi a vuoto, dell'ascesa del piano inclinato col solo locomotore *Italia* e di quella con questo locomotore congiunto ad un convoglio. Per le ragioni testè enumerate tornando del tutto impossibile il riprodurre, dopo d'avere scavalcate le funi dalle grandi puleggie motrici fisse, col freno di Prony esattamente le velocità ed il grado di apertura dei distributori delle turbini, stati osservati negli esperimenti precedenti, si è di necessità dovuto cercare di ottenere lo stesso risultato in altra maniera. Dovendosi essenzialmente misurare il lavoro prodotto dalle turbini per date aperture dei distributori, manifestamente non monta che durante questa misura uno dei fattori del lavoro, cioè la velocità, non sia esattamente uguale ad una velocità preventivamente stabilita, purchè l'altro fattore, dato in questo caso dal carico del freno, sia tale da rendere uniforme il movimento delle turbini, e quindi somministrare un prodotto uguale al lavoro corrispondente al grado considerato d'apertura dei distributori. Così appunto si procedette, stabilendo cioè di aprire successivamente il distributore della turbine, a cui si applicò il freno, di

quantità diverse, e per ognuna di queste aperture, caricato il freno di un peso determinato, chiudere la chiocciola regolatrice dello strumento fino al segno di ottenere l'equilibrio del suo braccio. Allorchè nei casi in cui, per la natura saltuaria della resistenza prodotta col freno, fu impossibile di raggiungere l'uniformità di movimento della turbine, ossia lo stato di equilibrio del freno, col solo mezzo della chiocciola regolatrice, si procurò di pervenirvi variando di qualche poco in pari tempo l'apertura del distributore, però evitando sempre di dover cangiare durante ogni prova il carico del freno, il quale venne gradatamente accresciuto di prova in prova nella sola misura concessa dal considerevole peso dei dischi di ghisa con cui dovevasi comporre lo stesso carico.

In tal modo operando, è palese che si giunge ad avere una serie di osservazioni atte a somministrare, corrispondentemente a differenti gradi di apertura dei distributori, la forza che le turbini sono capaci di sviluppare. Dalle quali osservazioni di più si può poi, ad esempio mercè di una interpolazione anche solo proporzionale, ricavare almeno con sufficiente approssimazione il valore della forza medesima relativa ad un'altra apertura dei distributori purchè compresa nei limiti di quelle esplorate col freno.

Col procedimento ora descritto vennero appunto eseguiti i sovra indicati esperimenti dinamometrici, i cui risultati si contengono nel quadro IV. I numeri di questo quadro, esprimenti per ogni apertura sperimentata dei distributori la forza complessiva delle due turbini, furono calcolati coll'aiuto della seguente formula

$$L = \frac{2 \times 2.3{,}142.\, d \times n \times P}{60 \times 5 \times 75}$$

nella quale rappresentano, L la forza stessa in cavalli-vapore; d la lunghezza del braccio del freno, ossia la distanza orizzontale compresa fra il centro della sua puleggia ed il punto d'applicazione del carico uguale a $4^{m}{,}235$; n il numero dei giri delle turbini in ogni minuto primo, e P il carico accennato in chilogr. Il fattore 5 contenuto nel denominatore di questa formola è il rapporto del rotismo dentato di trasmissione fra l'albero di ciascuna turbine e quello delle puleggie motrici delle funi, il quale infatti cammina con velocità 5 volte minore del primo albero delle turbini.

IV — *Misura del lavoro disponibile sull'albero delle puleggie di trasmissione delle turbini col freno dinamometrico di Prony.*

Numero d'ordine degli esperimenti	Data dell'esperimento	Sperimentatori	Durata dell'equilibrio	Apertura media del distributore durante l'equilibrio	Numero medio dei giri della turbine durante l'equilibrio	Peso collocato nel piatto del freno	Lavoro disponibile sul predetto albero complessivamente per le due turbini	ANNOTAZIONI
	1875			millim.		chilogr.	cavalli a vapore	
1	21 luglio	Commissione Italiana	1',30"	18	169	120	46,97	
2	id.	id.	2,30	21,8	206	120	58,48	
3	id.	id.	1,30	23	214	120	60,75	
4	22 agosto	Commissioni riunite	1,30	30	237	180	100,91	Il caso delle funi mosse a vuoto.
5	22 luglio	Commissione Italiana	2,30	46,2	224	250	132,47	
6	id.	id.	1,30	77,5	225	360	192,05	
7	id.	id.	3,00	78,4	265	360	225,68	
8	22 agosto	Commissioni riunite	1,30	80	244	420	242,42	Il caso del solo locomotore *Italia*
9	22 luglio	Commissione Italiana	2,00	97	237	480	269,11	
10	id.	id.	2,00	99	253	480	287,27	
11	id.	id.	2,30	127,5	246	600	349,16	
12	id.	id.	1,30	141,7	252	720	428,21	Il caso del locomotore *Italia* con convoglio
13	22 agosto	Commissioni riunite	1,30	160	250	785	464,24	
14	23 agosto	id.	1,30	160	250	785	464,24	

Confrontando ora questo quadro degli esperimenti dinamometrici con quello I, in cui trovansi i gradi d'apertura dei distributori avuti negli esperimenti delli 20 e 21 agosto, si riconoscerà che le cifre del presente quadro IV, registrate sotto i numeri d'ordine 4 ed 8, corrispondono appunto ai due esperimenti fatti colla trasmissione funicolare a vuoto e coll'ascesa del solo locomotore *Italia*. Nei quali casi pertanto si dovrà dedurne che il lavoro motore speso per far funzionare il sistema fu rispettivamente di cavalli-vapore 100,91 e 242,42, corrispondenti alle aperture 30 ed 80 millim. dei distributori delle turbini. Rispetto poi all'esperimento dell'ascesa del locomotore *Italia* col convoglio lordo di tonnellate 36,055, nel quale ebbesi un'apertura media dei distributori di millim. 150,8, si potrà desumere il valore corrispondente del lavoro speso mediante una interpolazione proporzionale fra i risultati inscritti nel presente quadro sotto i numeri d'ordine 12 e 13. In questa maniera risulterà la proporzione

$$160 - 141,7 : 150,8 - 141,7 : : 464,24 : x$$

da cui si traggono dapprima $x = 15,94$, e poscia per la forza complessivamente sviluppata dalle due turbini sugli alberi delle loro puleggie di trasmissione, per la menzionata apertura di millim. 150,8 dei distributori, ossia per l'innalzamento del convoglio lordo di tonnellate 36,055 alla velocità di 2^m per $1''$ (chilom. 7,200 all'ora),

$$428,21 + 15,94 = 444^{cav.},15.$$

Effetto utile del sistema Agudio. — I risultati precedenti ci pongono in grado di calcolare questo effetto utile, pel quale è da avvertire che s'intende il rapporto fra il lavoro utile fatto dal sistema ed il lavoro motore or ora menzionato, cioè speso sull'albero di ciascuna delle puleggie motrici delle due funi. Dal quadro II rilevasi che nell'esperimento di ascesa del convoglio di tonnellate 36,055 (locomotore compreso) venne percorso lo spazio di $1189^m,50$, cui, come risulta dal profilo longitudinale del piano inclinato disegnato nella tavola I, corrispondono una totale altezza superata di $308^m,74$ e quindi una pendenza media uguale a $\frac{308,74}{1189,50} = 0,2595$ per ciascun metro di lunghezza assoluta dello stesso piano. Dal medesimo quadro si ricava ancora che la velocità media di traslazione del conveglio fu di 2^m per ogni minuto secondo. Per conseguenza, supposta uguale a 4 chilog.

per ogni tonnellata del loro peso la resistenza alla trazione sopra una strada orizzontale tanto del carro contenuto nel convoglio, quanto dei due locomotori considerati come semplici veicoli, verrà per la stessa resistenza stimata parallelamente al piano inclinato

$$4 \times \sqrt{1 - (0{,}2595)^2} = 4 \times 0{,}9657 = 3^{kg}{\cdot},8628 \text{ per tonn.}$$

Se ora a questa resistenza si aggiunge quella dovuta alla forza di gravità, la quale per tonnellata di convoglio sulla pendenza del 259,5 per mille vale chilogr. $1000 \times \frac{259{,}5}{1000} = 259{,}5$, la resistenza totale da vincersi parallelamente al piano inclinato per rimorchiare ciascuna tonnellata di convoglio, supposto però formato di semplici veicoli, sarà:

$$3{,}8628 + 259{,}5 = \text{chilogr. } 263{,}3628,$$

e per l'intiero convoglio di tonnellate 36,055, ovvero di tonnellate 34,056 col locomotore *Francia* disinnestato:

$$36{,}055 \times 263{,}3628 = \text{chilogr. } 9497{,}3169;$$

cui alla velocità di 2^m per $1''$ corrisponde in cavalli-vapore un lavoro uguale a

$$\frac{9497{,}3169 \times 2}{75} = 252^{cav}{\cdot},214$$

In questo numero trovasi incluso il lavoro assorbito dalle resistenze passive del meccanismo, operante a vuoto, del locomotore *Francia*, perchè nel peso di tonnellate 36,055 sono comprese le 2 tonnellate di convoglio equivalente alle resistenze medesime.

Pel convoglio utile, poi, rimorchiato dal vero carro locomotore, cioè *Italia*, essendo il peso di questo convoglio utile di tonnellate 24,078, compreso l'abbuono pelle resistenze del locomotore a vuoto, la resistenza in discorso, cioè opposta alla trazione dagli attriti e dalla gravità, sarà uguale a

$$24{,}078 \times 263{,}3628 = \text{chilogr. } 6341{,}2494;$$

così che si ha per il lavoro utile sviluppato dal sistema e valutato in cavalli a vapore

$$\frac{6341{,}2494 \times 2}{75} = 169^{cav}{\cdot},099.$$

Il quale numero, finalmente, diviso per 444,15, numero dei cavalli a vapore misurato nello stesso caso sugli alberi delle puleggie motrici fisse col freno di Prony nel caso dell'ascesa del convoglio di tonnellate 36,055, conduce al seguente valore per l'effetto utile del sistema Agudio

$$\varepsilon = \frac{169,099}{444,15} = 0,3807$$

donde derivasi la conclusione che il sistema di trazione Agudio considerato nello stato suo normale di funzionamento come elevatore, e colla pendenza, la lunghezza e i difetti del piano di prova di Lanslebourg utilizza soltanto il 38,07 per cento del lavoro speso per metterlo in azione, mentre il 61,93 per cento va perduto in causa delle resistenze passive del sistema e nel muovere il carro locomotore.

Volendo conoscere almeno prossimamente la ripartizione del lavoro perduto fra le varie resistenze del sistema, giova considerare che il lavoro occorrente a muovere il locomotore *Italia*, considerato come semplice veicolo, è $= 253,214 - 169,099 = 84^{cav.},115$, cosicchè nel sistema di trazione Agudio il lavoro speso per mettere il sistema in azione viene ripartito come è indicato in questo prospetto:

1° Lavoro convertito effettivamente in lavoro utile $= \frac{169,099}{444,15}$	= 38,1	per cento del lavoro speso	
2° Lavoro assorbito dalla trasmissione funicolare e dalle resistenze passive del locomotore $= \frac{190,949}{444,15}$	= 43	id.	id.
3° Lavoro consumato nell'elevazione del locomotore considerato come semplice veicolo $= \frac{84,115}{444,15}$	= 18,9	id.	id.
	100		

Volume d'acqua consumato dalle turbini; effetto utile definitivo del sistema Agudio. — L'effetto utile di cui siamo venuti parlando fin qui, è l'effetto utile specifico o caratteristico del si-

stema di trazione funicolare Agudio. La sua conoscenza però non basta allorchè trattasi di esaminare in un caso concreto un piano inclinato fondato sopra questo sistema di trazione. Affine di poter fare la stima economica del sistema, è d'uopo ancora confrontare il lavoro utile ottenuto dal medesimo col lavoro speso non solo per mettere in azione il sistema, ma insieme per far funzionare il motore del sistema e, nel caso di Lanslebourg, le due turbini. Il nuovo effetto utile risultante da questo confronto sarà l'effetto utile definitivo, per il caso speciale che si considera, del sistema.

Allo scopo di ricavare pel piano inclinato di Lanslebourg questo effetto utile definitivo, conveniva cercare, in altri termini, l'effetto utile dato dalle turbini; a tale scopo fecesi qualche tentativo per misurare la quantità d'acqua consumata nell'unità di tempo dalle due turbini, applicando uno stramazzo al canale di fuga di una di esse, e misurando più volte durante il primo ed il terzo degli esperimenti instituiti nei giorni 20 e 21 agosto la sua altezza nel punto in cui cominciava la contrazione o la chiamata alló sbocco. La stessa misura non si è potuta estendere al secondo esperimento, perchè fin dai primi istanti lo stramazzo venne trascinato via dall'impeto della corrente.

Dicendo Q la portata dello stramazzo, cioè il volume d'acqua effluente al 1″ in metri cubici; l la larghezza dello stramazzo $= 0^m,890$; a l'altezza dell'acqua sulla sua soglia; g l'accelerazione della forza di gravità nel vuoto; e φ il coefficiente di riduzione della portata teorica, è noto che si ha

$$Q = \varphi a l \sqrt{2 g a}$$

Or bene, negli esperimenti delle funi mosse a vuoto e dell'ascesa del piano inclinato col convoglio di tonnellate 36,055 (il locomotore compreso) essendosi rispettivamente trovato per l'altezza a dello stramazzo $0^m,090$ e $0^m,200$, ne conseguita, secondo la formola Lesbros, che i valori da assegnarsi al coefficiente φ sono 0,434 e 0,432: per guisa che risultano pei corrispondenti valori della portata effettiva

$$0,434 \times 0,890 \times 0,090 \sqrt{19,62 \times 0,090} = 0^{m.c.},0046$$

$$0,432 \times 0,890 \times 0,200 \sqrt{19,62 \times 0,200} = 0^{m.c.},152$$

Per altra parte l'altezza totale della caduta d'acqua, cioè l'altezza

del livello di questa nel serbatoio di presa della condotta, su quello nei canali di fuga delle turbini, fu prossimamente trovata uguale a 134^m (1). In conseguenza si avrà per il lavoro motore teorico speso nei due citati esperimenti, vale a dire per il lavoro fornito complessivamente alle due turbini:
per le funi mosse a vuoto

$$\frac{2 \times 134 \times 1000 \times 0{,}046}{75} = \text{cav. vap. } 164{,}374$$

e per l'ascesa del convoglio

$$\frac{2 \times 134 \times 1000 \times 0{,}152}{75} = \text{cav. vap. } 543{,}146$$

Dividendo adunque rispettivamente per questi due ultimi numeri le quantità di lavoro $100^{cav.}{,}91$ e $444^{cav.}{,}15$ ottenute col freno di Prony nei medesimi esperimenti, si ricavano pel rendimento delle turbini nei due casi $\frac{100{,}91}{164{,}37} = 0{,}611$ e $\frac{444{,}15}{543{,}15} = 0{,}817$; e per ultimo ancora, dividendo il lavoro utile di cav. 169,099, relativo al secondo caso, per 543,146, verrebbe per l'effetto utile definitivo del sistema funicolare Agudio nelle condizioni del piano inclinato di Lanslebourg $= 0{,}311$. I quali risultati però, non possiamo tacerlo, paiono piuttosto esagerati e non si possono considerare che come approssimativi, avuto riguardo alla grossolana misura che le circostanze locali hanno soltanto concesso di ottenere dell' altezza a dello stramazzo.

(1) Nel computo di quest'altezza non si è tenuto conto della porzione di caduta dell'acqua consumata dalle resistenze opponentisi al movimento di questa lungo la condotta. La qual cosa è stato lecito di fare sia pel ragguardevole valore della caduta medesima, sia per motivo della debole velocità dell'acqua nella condotta. Designando infatti con u questa velocità media, Q la portata, r il raggio $= 0{,}330$ della sezione circolare della condotta, e π il rapporto della circonferenza al diametro, si ha $u = \frac{Q}{\pi r^2}$ ossia pel caso delle funi mosse a vuoto $u = 0^m{,}134$ al 1", e per l'altro caso dell'ascesa del convoglio $u = 0^m{,}330$; alle quali, secondo la formola di Darcy $h = \frac{\lambda L u^2}{r}$, in cui significano L la lunghezza della condotta $= 425^m$, λ il coefficiente della resistenza d'attrito $= 0{,}000526$, ed h la porzione dell'altezza di caduta consumata da questa resistenza, corrispondono $h = 0^m{,}012$ e $0^m{,}132$.

Nota C

Giornale dell'esercizio del piano inclinato a sistema di trazione funicolare Agudio di Lanslebourg

dal 20 ottobre al 30 novembre 1875

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1'	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
1875					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
20 ott.	1		(1) *Italia*	(2) *A. B.*	32962	20740	720	5	2,40	(3) 8,640	1'—95mm. 1' — 125 3' — 150	279	Tempo cattivo, pioggia e venti impetuosi.
id.	2		id.	id.	id.	id.	700	5	2,33	8,400	id.	268	
id.	3		id.	id.	id.	id.	715	5	2,38	8,580	id.	279	
id.	4		id.	id.	id.	id.	740	6	2,05	7,400	1' 95mm. 1' 145 3' 150	237	
id.		5	id.	id.	32760	20540	720	6	2,00	7,200	»	»	
id.		6	id.	id.	id.	id.	700	6	1,94	7,000	»	»	
id.		7	id.	id.	id.	id.	715	6	1,98	7,150	»	»	
id.		8	id.	id.	id.	id.	742	7	1,76	6,360	»	»	
21 d°	9		id.	id.	32962	20740	1260	9 1/2	2,21	8,129	155	255	
id.	10		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	160	258	
id.	11		id.	id.	33157	(4) 20935	1235	9	2,28	8,233	162	261	

(1) Il peso del locomotore *Italia* in servizio fu qui di chilogr. 12222 per alcune appendici aggiuntesi.

(2) I carri *A* e *B* sono carri ordinarii di ferrovia pel trasporto delle merci ed appartenenti alla Società delle ferrovie francesi dell'Est. Entrambi sono muniti di freno. Il primo, particolarmente destinato al trasporto del carbone, pesa scarico chilogr. 5930; il secondo è un carro piatto la cui tara vale chilogr. 4738. Il loro carico consiste in legname, ferramenta e per la massima parte in tronchi della dentiera di propulsione.

(3) Il primo di questi due numeri indica l'intervallo di tempo, durante il quale i distributori si mantennero aperti della quantità espressa dal secondo numero posto sulla stessa linea.

(4) La variazione del peso dipende dall'eventuale salita di individui estranei all'ordinario personale di servizio sul convoglio, e dal carico e scarico di materiali diversi tra l'una corsa e l'altra.

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri dello turbini al 1'	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
21 ott.		12	*Italia*	*A. B.*	32762	20540	1250	10	2,08	7.500	»	»	
id.		13	id.	id.	id.	id.	1230	8	2,56	9,225	»	»	
id.		14	id.	id.	33000	20778	1240	8 1[2	2,43	8,963	»	»	
(1) 22 d°	15		id.	id	33547	21325	1250	9 1[2	2,19	8,064	160	255	Tempo piovoso e freddo
id.	16		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	265	
id.	17		id.	id.	32962	20740	1235	9	2,28	8,233	id.	265	
id.	18		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	265	
id.		19	id.	id.	33347	21125	1240	9	2,29	8,266	»	»	
id.		20	id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	»	»	
id.		21	id.	id.	32762	20540	1233	9	2,27	8,220	»	»	
id.		22	id.	id.	id.	id.	1230	10	2,05	7,380	»	»	
23 d°	23		id.	id.	33827	21065	1230	9	2,27	8,200	160	275	
id.	24		id.	id.	33092	20870	1220	8 1[2	2,39	8,819	165	280	
id.		25	id.	id.	id.	id.	1240	8 1[2	2,43	8,963	»	»	
id.		26	id.	id.	id.	id.	1230	9 1[2	2,15	7,935	»	»	
(2) 25 d°	27		id.	id.	32962	20740	1230	9 1[2	2,15	7,935	160	248	
id.	28		id.	id.	33027	20805	1240	9 1[2	2,17	8,000	id.	250	
id.	29		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	165	263	
id.		30	id.	id.	32762	20540	1230	8	2,56	9,225	30 e 20 (3)	»	

(1) Alle prove d'oggi ha assistito una numerosa Delegazione della città di Vevey (Svizzera).

(2) Nel giorno (24) ottobre non fecesi alcuna corsa, essendo giorno festivo, per dar riposo al personale di servizio. Questa stessa avvertenza dovrà intendersi estensibile a tutti gli altri giorni ommessi nel presente giornale, a meno che non venga indicata qualche altra cagione in proposito.

(3) Questi due numeri, e quelli analoghi delle corse discendenti dei giorni successivi, vogliono significare che nelle corse medesime a circa 200 metri dalla stazione inferiore il macchinista delle turbini, avvertito con apposito segnale, mette in movimento le due funi a piccola velocità, aprendo cioè i distributori delle turbini, come a motivo d'esempio trovasi riferito per la presente corsa, di 30 millimetri durante il penultimo minuto primo e di 20 millimetri durante l'ultimo minuto. Questa operazione torna conveniente affine di evitare del tutto gli scorrimenti delle funi

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
25 ott.		31	*Italia*	*A. B.*	32762	20740	1230	7	2,92	10,542	50 e 20	»	
id.		32	id.	id.	32952	20690	1240	8	2,58	9,300	30 e 20	»	
(1) 27 d°	33		id.	id.	33157	20935	1220	9	2,25	8,133	165	263	Tempo pessimo con vento e neve.
id.	34		id.	id.	33482	21260	1220	9	2,25	8,133	id.	262	
id.	35		id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	id.	263	
id.		36	id.	id.	33157	20735	1220	8	2,54	9,150	28 e 18	»	
id.		37	id.	id.	33482	21060	1230	8	2,56	9,225	30 e 18	»	
id.		38	id.	id.	id.	id.	1240	8	2,58	9,300	28 e 15	»	
28 d°	39		id.	id.	33092	20870	1240	9	2,29	8,266	165	265	Tempo freddo e piovoso.
id.	40		id.	id.	33027	20805	1240	9 1/2	2,17	8,000	160	250	
id.	41		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	165	265	
id.	42		id.	id.	id.	id.	1260	10	2,10	7,560	160	241	
id.		43	id.	id.	33092	20670	1240	(2) 10	2,06	7,440	30 e 18	»	

sulle puleggie motrici del locomotore, le quali puleggie è noto che girano a vuoto durante la discesa del piano inclinato. Infatti mercè l'operazione medesima i contrappesi dei due tenditori al piede del piano inclinato trovansi ricondotti alla posizione primitiva, la quale al termine di ciascuna corsa ascendente risulta diversa pei due contrappesi in causa del differente sviluppo delle curve e controcurve percorse dalle due funi per tutta la lunghezza del piano inclinato.

(1) La giornata del 26 ottobre fu dedicata alle prove del freno idraulico applicato al locomotore *Francia*: queste prove, eseguite sopra una lunghezza di circa 300 metri del piano inclinato, si dovettero però contenere entro limiti di velocità ristrettissimi, essendosi riconosciuto che l'apparecchio per difetto di solidità, dovuto unicamente alle dimensioni troppo deboli delle sue parti, non è atto a reggere alle forti pressioni che si sviluppano nelle corse ordinarie. In tali limiti le prove stesse, dirette dall'Ingegnere della Casa Cail, Sig. Mesnard sono riuscite in modo soddisfacentissimo, a segno cioè di potere continuamente graduare ad arbitrio la velocità del convoglio. Esse furono, dopo le corse ordinarie, registrate nel presente giornale e ripetute nel giorno successivo del 27 ottobre alla presenza degli Ingegneri Isp. Gen. Couche e Brunon ; quest'ultimo fu costruttore della dentiera di propulsione.

(2) La maggiore durata di questa corsa ascendente è da attribuirsi ad una circostanza degna di menzione e soltanto imputabile alle speciali condizioni di questo piano inclinato. Stante questa condizione il convoglio, alla fine d'ogni ascesa, è obbligato ad arrestarsi sopra una livelletta avente la pendenza del 30 per cento. Ciò fa sì che debbonsi in simile posizione chiudere fortemente i freni, i quali in seguito vengono a poco a poco rallentati per incominciare la discesa. Or bene l'avere appunto oltrepassato di troppo questo schiudimento dei freni fu la cagione per cui, in

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
28 ott.		44	*Italia*	*A. B.*	33027	20605	1240	8	2,58	9,300	28 e 18	»	
id.		45	id.	id.	id.	id.	1230	8	2,56	9,225	id.	»	
id.		46	id.	id.	id.	id.	1260	9	2,33	8,400	id.	»	
(1) 3 nov.	47		*Francia*	locom. *Italia* e carri *A* e *B*	42126	29274	1235	9 1[2	2,16	7,967	205	251	Temperatura — 2 centigr.
id.	48		id.	id.	id.	id.	190	(2) 2	1,58	5,700	150	255	
id.	49		id.	id.	id.	id.	1235	9 1[2	2,16	7,967	230	247	
id.	50		id.	id.	id.	id.	1220	10	2,03	7,320	228	242	
id.		51	id.	id.	id.	29074	1240	8	2,58	9,300	30 e 20	»	
id.		52	id.	id.	id.	id.	190	1 1[2	2,11	8,769	id.	»	
id.		53	id.	id.	id.	id.	1260	8	2,62	9,432	id.	»	
id.		54	id.	id.	id.	id.	1220	8	2,54	9,150	28 e 18	»	
4 d°	55		id.	id.	id.	29274	1230	10	2,05	7,380	215	240	

principio della presente corsa, il convoglio abbandonato interamente alla forza di gravità ha concepito una velocità così grande da richiedere subitamente una nuova chiusura dei freni, la quale a sua volta spinta pure più del dovuto produsse l'arresto del convoglio.

(1) Nei giorni 29 e 30 ottobre e 1 novembre l'Ingegnere delegato dalla Commissione Italiana ad assistere all'esercizio del piano inclinato dovette recarsi a Torino. Il giorno 2 novembre poi venne impiegato nel modificare la composizione del convoglio di prova, sostituendo al locomotore *Italia* il locomotore *Francia* siccome più robusto e formando il convoglio utile collo stesso locomotore *Italia* e coi due carri già accennati *A* e *B*. Il peso lordo di questo convoglio, incluso cioè il locomotore *Francia*, fu computato come segue: locomotore *Francia* chilogr. 14155 + locomotore *Italia*, nuovamente accresciuto, chilogr. 12852 + peso di convoglio equivalente alla resistenza del meccanismo del locomotore *Italia*, operante a vuoto, $12.852 \times \frac{30}{100} \times 0,003 =$ chilogrammi 1157; totale peso del convoglio lordo = chilogr. 42126, donde risulta per quello del convoglio utile 42126 — 14155 = chilogr. 27971, cui però s'aggiunsero chilogr. 1303, differenza in più del peso del locomotore *Francia*, per motivo del freno idraulico, sul peso del locomotore *Italia*, portando così il convoglio utile a chilogr. 29274. Il peso del freno idraulico fu considerato come peso utile trasportato, perchè in queste prove non se ne fece mai uso, ricorrendo sempre ai freni del locomotore *Italia*.

(2) La corsa N. 48 venne interrotta sul principio da un guasto avvenuto nella strada a 25 metri sopra l'ettometro 2. Essendosi ivi abbassata una delle traversine della strada, i denti delle ruote

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
1 nov.	56		*Francia*	locom. *Italia* e carri *A* e *B*	42126	29274	1225	9	2,26	8,166	215	242	
id.		57	id.	id.	id.	29074	1230	8	2,56	9,225	30 e 20	»	
id.		58	id.	id.	id.	id.	910	(1) 6	2,52	9,100	id.	»	
5 d°	59		id.	id.	id.	29274	1270	9 1/2	2,22	8,193	205	255	Tempo bello temperatura — 1°
id.	60		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	215	273	
id.		61	id.	id.	id.	29074	1265	8 1/2	2,48	9,144	30 e 20	»	
id.		62	id.	id.	id.	id.	1230	8 1/2	2,41	8,891	id.	»	
(2) 6 d°	63		id.	id.	42466	29614	1230	10	2,05	7,380	212	252	Copiosa nevicata mista con pioggia; temperatura 0°.
id.	64		id.	id.	42126	29274	1240	9	2,29	8,266	215	269	
id.	65		id.	id.	id.	id.	1220	9	2,25	8,133	id.	258	
id.	66		id.	id.	id.	id.	1210	9	2,24	8,066	210	256	
id.		67	id.	id.	id.	29074	1220	9	2,25	8,133	30 e 20	»	
id.		68	id.	id.	id.	id.	1240	8	2,58	9,300	id.	»	

orizzontali di propulsione del locomotore vennero ad urtare contro la ganascia inferiore della dentiera, così che il macchinista dovette tosto chiudere i freni e dare col telegrafo il segnale d'arresto al meccanico delle turbini. Frattanto il convoglio si è immediatamente arrestato, e per l'intervallo di un minuto primo le due funi strisciarono sulle puleggie motrici del locomotore. Sarebbesi anche potuto ottenere l'arresto del convoglio disinnestando dalle funi il meccanismo del locomotore. Ma è preferibile il partito precedente onde impedire al sistema funicolare di concepire una troppo grande velocità, prima che siano arrestate le turbini.

(1) Nella presente corsa, giunto il convoglio a circa 350 metri dal piede del piano inclinato, si dovette terminare la prova, essendo avvenuta una rottura d'una delle longarine laterali della strada, la quale al passaggio del convoglio fu causa dello spostamento di 15 metri della corrispondente rotaia e le ruote dei due carri *A*, *B* vennero a cadere sul suolo, senza però soffrire alcun deviamento. Fermato allora coi freni il convoglio al modo solito, si rimise a sito provvisoriamente la rotaia spostata e, sollevati i due carri coll'aiuto di una binda, si fece discendere il convoglio senza altro inconveniente fino al piede del piano inclinato.

(2) Partendo da oggi le corse sono regolate in conformità di un orario fisso, succedendosi a 15 minuti d'intervallo l'una dall'altra (ritorno compreso).

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
6 nov.		69	*Francia*	locom. *Italia* e carri *A* e *B*	42126	29074	1210	7	2,88	10,371	30 e 20	»	
id.		70	id.	id.	id.	id.	1220	9	2,25	8,133	id.	»	
(1) 8 d°	71		id.	id.	42466	29614	1210	8 3/4	2,30	8,591	210	264	Temperatura di poco sotto lo zero; neve durante l'intiera giornata
id.	72		id.	id.	42126	29274	1240	9 1/2	2,17	8,000	id.	248	
id.	73		id.	id.	id.	id.	1210	9	2,24	8,066	215	258	
id.	74		id.	id.	id.	id.	1225	9 1/2	2,14	7,903	id.	248	
id.		75	id.	id.	id.	29074	1210	9	2,24	8,066	30 e 20	»	
id.		76	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	id.	»	
id.		77	id.	id.	id.	id.	1210	8	2,52	9,075	25mm p.30"	»	
id.		78	id.	id.	id.	id.	1220	8	2,54	9,150	30 e 20	»	
(2) 9 d°	79		id.	id.	42466	29614	1225	9	2,26	8,166	205	260	Temperatura 0°; neve mista a pioggia durante l'intiera giornata
id.	80		id.	id.	42126	29274	1225	8 1/2	2,40	8,855	210	276	
id.	81		id.	id.	id.	id.	1160	8	2,41	8,700	id.	285	
id.	82		id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	208	263	
id.		83	id.	id.	42926	30074	960	7 1/2	2,13	7,890	30 e 20	»	
id.		84	id.	id.	42126	29074	1225	8 1/2	2,40	8,855	id.	»	
id.		85	id.	id.	id.	id.	1170	8	2,43	8,775	id.	»	
id.		86	id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	id.	»	

(1) Terminate le corse delle presenti giornate, si spalmarono con glicerina le funi all'oggetto sia di preservarle dalla ruggine, sia di conservare maggiormente il cuoio delle puleggie stradali.

(2) Fino a questo giorno le discese lasciavano moltissimo a desiderare relativamente alla regolarità. I freni sono tutti a fregamento, epperciò d'effetto saltuario. A rendere notevolmente più uniforme il loro operare ha, in primo luogo, moltissimo contribuito il mantenere di continuo inaffiate d'acqua le superficie fregantisi. Pei freni a ceppi applicati ai quattro alberi verticali delle ruote di propulsione si ricavò non poco giovamento praticando delle scanalature nelle superficie stesse, in guisa da costituire come un rotismo dentato a cuneo. Finalmente i risultati sonosi sempre andati migliorando col perfezionarsi del personale destinato alla manovra di questi apparecchi, come in modo speciale cominciarono a dimostrarlo le corse discendenti seconda e quarta del presente giorno, le quali sono le prime state giudicate abbastanza soddisfacenti.

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
(1) 11 nov.	87		*Francia*	locom. *Italia* e carri *A* e *B*	43111	(2) 30259	1215	9	2,25	8,100	210	259	Temperatura piuttosto mite; vento impetuoso.
id.	88		id.	id.	42695	29843	1210	8 1/2	2,37	8,746	id.	275	
id.	89		id.	id.	43111	30259	1225	9	2,26	8,166	id.	262	
id.	90		id.	id.	43436	30584	1215	9	2,25	8,100	id.	262	
id.	91		id.	id.	id.	id.	1245	9	2,30	8,300	id.	266	
id.		92	id.	id.	42695	29843	1215	9	2,25	8,100	25 e 18	»	
id.		93	id.	id.	43111	30259	1215	28	»	»	»	»	
id.		94	id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	30 e 20	»	
id.		95	id.	id.	43436	30584	1215	9	2,25	8,100	id.	»	
id.		96	id.	id.	43111	30259	1245	10	2,30	8,300	25 e 15	»	
(3) 13 d°	97		id.	id.	42695	29843	1245	9	2,30	8,300	210	267	
id.	98		id.	id.	43111	30259	1225	9	2,26	8,166	id.	269	
id.	99		id.	id.	id.	id.	1225	9 1/2	2,14	7,903	id.	248	
id.	100		id.	id.	43886	31034	715	5 1/2	2,16	8,094	id.	255	
id.		101	id.	id.	42695	29643	1245	10 1/2	1,97	7,252	30 e 20	»	
id.		102	id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	id.	»	
id.		103	id.	id.	id.	id.	1225	11	1,85	6,681	id.	»	
id.		104	id.	id.	id.	id.	715	4	2,97	10,725	id.	»	

(1) Nel giorno 10 novembre non si eseguirono corse, dovendosi cambiare i ceppi dei freni operanti sugli alberi motori verticali del locomotore *Italia*, il solo che n'è provvisto. Nella stessa occasione vennero ripulite le varie parti del meccanismo del locomotore medesimo e delle turbini.

(2) Il carico del carro *B*, epperò anche il peso utile del convoglio, fu accresciuto di chilogr. 569.

(3) Oggi, causa il gelo e disgelo che produssero il franamento di una porzione di trincea a circa metri 1120 dall'origine del piano inclinato, non si fecero corse, essendo il personale di servizio stato occupato tutto il giorno a sgombrare la strada. Nel giorno consecutivo 13 novembre, in cui venne raggiunto il limite massimo per ciò che concerne il peso innalzato (chilogr. 43886 di convoglio lordo), visto lo stato ognora più di deperimento della strada, cagionato dall'inclemenza della stagione, si deliberò di limitare in avvenire il peso del convoglio a quello dei primi giorni d'esercizio. Nel medesimo giorno le discese si approssimarono quasi al grado voluto di uniformità.

Giorno	Numero delle corse: ascendenti	Numero delle corse: discendenti	Composizione del convoglio: Locomotore	Composizione del convoglio: Carri	Peso trasportato: lordo	Peso trasportato: utile	Lunghezza percorsa dal piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media: in metri al 1"	Velocità media: in chilometri all'ora	Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
					chilog.	chilog.	metri	min. sec.			millimetri		
(1) 15 nov.	105		*Italia*	*A B C*	3566	30 52	1210	9 1/2	2,17	8,000	175	251	
id.	106		id.	id.	id.	id.	1220	9	2,27	8,200	id.	266	
id.	107		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	268	
id.	108		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	id.	265	
id.	109		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	267	
id.	110		id.	id.	id.	id.	1235	9	2,28	8,233	id.	266	
id.		111	id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	30 e 20	»	
id.		112	id.	id.	id.	id.	1230	9 1/2	2,41	8,891	id.	»	
id.		113	id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	»	
id.		114	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	id.	»	
id.		115	id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	25 e 18	»	
id.		116	id.	id.	id.	id.	1235	9	2,28	8,233	id.	»	
16 d°	117		id.	id.	id.	id.	1200	9	2,25	8,133	170	265	Tempo bello; temperatura — 5°
id.	118		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	id.	264	
id.	119		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	272	
id.	120		id.	id.	id.	id.	1250	9 1/2	2,19	8,064	id.	260	
id.		121	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,25	8,133	25 e 18	»	
id.		122	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	22 e 14	»	
id.		123	id.	id.	id.	id.	1240	9 1/2	2,17	8,000	25 e 15	»	
id.		124	id.	id.	id.	id.	1250	9 1/2	2,19	8,064	id.	»	
(2) 17 d°	125		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	170	264	Neve; temperatura — [illegible]
id.	126		id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	id.	265	

(1) Partendo da oggi, tolto il locomotore *Francia*, venne in sua vece impiegato l'altro locomotore *Italia*, aggiungendo però al convoglio un terzo carro piatto da merci, pure di proprietà delle ferrovie francesi dell'Est, la cui tara è di chilogr. 4[illegible]5) ed il peso totale, cioè col carico, di chilogr. 7[illegible]. Alle corse di questo giorno assistette il sig. Roy di Vevey (Svizzera) costruttore delle turbini.

(2) Corse di discesa sempre più soddisfacenti.

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1′	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1″	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
17 nov.	127		*Italia*	*A B C.*	33661	20152	1235	9	2,28	8,233	170	265	
id.	128		id.	id.	34501	20992	1225	9	2,26	8,166	id.	262	
id.		129	id.	id.	33661	20152	1230	9	2,27	8,200	25 e 10	»	
id.		130	id.	id.	id.	id.	1240	9	2,29	8,266	30 e 20	»	
id.		131	id.	id.	id.	id.	1235	9	2,23	8,233	id.	»	
id.		132	id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	25 e 20	»	
(1) 18 d°	133		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	170	264	Tempo piuttosto bello; vento; temperatura — 2°
id.	134		id.	id.	id.	id.	1270	9	2,35	8,466	id.	277	
id.	135		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	id.	264	
id.	136		id.	id.	34541	21032	1230	9 1/2	2,15	7,935	id.	249	
id.		137	id.	id.	33661	20152	1230	10	2,05	7,380	25 e 18	»	
id.		138	id.	id.	id.	id.	1270	9 1/2	2,22	8,193	30 e 20	»	
id.		139	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	28 e 18	»	
id.		140	id.	id.	34161	20652	1230	10	2,05	7,380	id.	»	
19 d°	141		id.	id.	33661	20152	1220	9	2,25	8,133	1′...120mm 8′... 170	271	
id.	142		id.	id.	id.	id.	1215	9	2,25	8,100	id.	262	
id.	143		id.	id.	34161	20652	1225	9	2,26	8,166	id.	275	
id.	144		id.	id.	34861	21352	1230	9	2,27	8,200	id.	263	
id.		145	id.	id.	33661	20152	1220	10	2,03	7,320	28 e 18	»	
id.		146	id.	id.	id.	id.	1215	10	2,02	7,290	30 e 20	»	
id.		147	id.	id.	34161	20652	1225	9 1/2	2,14	7,903	id.	»	
id.		148	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	25 e 15	»	
20 d°(2)	149		id.	id.	33661	20152	1220	9	2,25	8,133	1′—120mm 8′... 165	263	Tempo assai brutto; tormenta.
id.	150		id.	id.	id.	id.	1215	9	2,25	8,100	1′... 120mm 8′... 160	261	

(1) Tanto la trasmissione funicolare quanto la parte meccanica del sistema continuano a funzionare con perfetta regolarità.

(2) Oggi in alcuni punti la fune e le puleggie stradali muovevansi sepolte nel nevischio: si è dovuto nella notte mantenere acceso il fuoco nell'edificio delle turbini, onde evitare il congelamento dell'acqua; per ciò che si riferisce alla condotta d'acqua ha bastato il mantenere in movimento continuo l'acqua.

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
20 nov.	151		*Italia*	*A B C*	33661	20152	1210	9	2,24	8,066	1'... 120mm 8'... 160	260	
id.	152		id.	id.	34081	20572	1220	9	2,25	8,133	id.	261	
id.		153	id.	id.	33661	20152	1220	10	2,03	7,320	25 e 18	»	
id.		154	id.	id	id.	id.	1215	9 1[2	2,13	7,838	20 e 10	»	
id.		155	id.	id.	id.	id.	1210	9 1[2	2,12	7,806	id.	»	
id.		156	id.	id.	34161	20652	1220	9 1[2	2,14	7,870	25 e 12	»	
22 d°(1)	157		id.	id.	34081	20572	1230	9	2,27	8,200	1'... 118mm 8'... 162	265	Temperatura — 14°
id.	158		id.	id.	id.	id.	1220	9	2,25	8,133	1'... 118mm 8'... 160	263	
id.	159		id.	id.	33661	20152	1225	9	2,26	8,166	1'... 110mm 8'... 160	263	
id.		160	id.	id.	34081	20572	1230	10	2,05	7,380	»	»	
id.		161	id.	id.	id.	id.	1220	9 1[2	2,14	7,870	20 e 15	»	
id.		162	id.	id.	id.	id.	1225	9 1[2	2,14	7,903	25 e 15	»	
23 d°	163		id.	id.	id.	id.	1230	9 1[2	2,15	7,935	1'... 112mm 8' 1[2... 160	253	Tempo bello temperatura — 10° al mattino ed — 8° durante le corse.
id.	164		id.	id.	id.	id.	1250	9 1[2	2,19	8,064	1'... 118mm 8' 1[2... 160	253	
id.	165		id.	id.	id.	id.	1225	9	2,26	8,166	1'...118mm 8'... 170	266	
id.	166		id.	id.	id.	id.	1215	9	2,25	8,100	1'... 120mm 8'... 170	261	
id.		167	id.	id.	id.	id.	1220	10	2,03	7,320	25 e 15	»	
id.		168	id.	id.	id.	id.	1250	10	2,08	7,500	30 e 18	»	
id.		169	id.	id.	34335	20822	1235	12 (2)	1,71	6,175	25 e 15	»	
id.		170	id.	id.	34581	21072	1050	9	1,94	7,000	id.	»	

(1) Durante le corse si avevano le temperature di (— 6°) al basso, e di (— 10°) alla sommità del piano inclinato; l'acqua versata nei serbatoi del locomotore rimase congelata durante l'ascesa e del pari congelavasi l'olio versato sul metallo. Non ostante questo rigore di freddo le varie corse stabilite si poterono effettuare. Soltanto venne disposto per potere nei giorni susseguenti ed a motivo della mancanza di ogni rimessa pei locomotori, riscaldare il locomotore durante alcune ore prima della partenza, circondandolo con fuochi. Oggi fu presente alle prove l'Ingegnere Chiazzari delegato della Società delle ferrovie dell'Alta Italia.

(2) Nella terza corsa discendente d'oggi fecesi una fermata volontaria di circa due minuti per scaricare materiali e caricare legnami.

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1"	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1"	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
24 nov.	171		*Italia*	*A B C*	34081	20572	1230	9 1[2	2,15	7,935	1'... 100mm 8' 1[2... 165	248	Tempo bello; temperatura — 10°; verso sera un po di tormenta.
id.	172		id.	id.	id.	id.	1230	9 1[2	2,15	7,925	1'... 100mm 8' 1[2... 170	248	
id.	173		id.	id.	id.	id.	1240	9 1[2	2,17	8,000	id.	248	
id.		(1) 174	id.	id.	id.	id.	1230	10	2,05	7,380	30 e 18	»	
id.		175	id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	28 e 18	»	
id.		176	id.	id.	34581	21072	1050	8 1[2	2,05	7,380	25 e 18	»	
25 d°(2)	177		id.	id.	34081	20572	1230	9 1[2	2,15	7,935	162	249	Tormenta di neve per tutto il giorno; temperatura — 8°.
id.	178		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	180	263	
id.	179		id.	id.	id.	id.	1260	9	2,33	8,400	190	269	
id.	180		id.	id.	id.	id.	1230	8 1[2	2,41	8,891	200	278	
id.		181	id.	id.	id.	id.	1230	10	2,05	7,380	28 e 18	»	
id.		182	id.	id.	id.	id.	1100	10	1,83	6,600	id.	»	
id.		183	id.	id.	id.	id.	1260	11	1,90	6,872	25 e 15	»	
id.		184	id.	id.	id.	id.	1230	11	1,86	6,709	id.	»	
26 d°(3)	185		id.	id.	id.	id.	1250	9	2,31	8,333	180	269	Temperatura — 10°; tempo secco.
id.	186		id.	id.	id.	id.	1260	9	2,33	8,400	id.	272	
id.	187		id.	id.	id.	id.	1220	8 1[2	2,39	8,819	190	278	
id.	188		id.	id.	id.	id.	1220	8 1[2	2,39	8,819	id.	251	
id.		189	id.	id.	33661	20152	1250	11	1,89	6,818	25 e 15	»	
id.		190	id.	id.	id.	id.	1260	11	1,90	6,872	id.	»	
id.		191	id.	id.	34081	20572	1220	25	0,81	2,928	id.	»	
id.		192	id.	id.	34161	20652	1220	11	1,84	6,654	id.	»	
(4) 27 d°	193		id.	id.	34081	20572	1230	9	2,27	8,200	1'... 108mm 1'...160 7'...180	262	Temperatura — 10°.
id.	194		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	id.	263	
id.	195		id.	id.	id.	id.	1220	8 1[2	2,39	8,819	id.	277	
id.		196	id.	id.	33661	20152	1080	10	1,80	6,480	»	»	

(1) Tutte e tre le discese si effettuarono bene e con molta regolarità.
(2) Alla prova d'oggi assistette l'Ingegnere Sauer delegato dalla Società della ferrovia del Gottardo. Le corse di discesa si eseguirono in modo pienamente regolare.
(3) Continuò oggi ad essere presente alle corse l'Ingegnere Sauer; discese sempre regolarissime.
(4) L'Ingegnere Sauer si è pure fermato ad assistere alle prove di questo giorno.

Giorno	Numero delle corse		Composizione del convoglio		Peso trasportato		Lunghezza percorsa del piano inclinato	Tempo impiegato	Velocità media		Apertura dei distributori delle turbini	Numero medio dei giri delle turbini al 1″	STATO dell'atmosfera
	ascendenti	discendenti	Locomotore	Carri	lordo	utile			in metri al 1″	in chilometri all'ora			
					chilog.	chilog.	metri	min. primi			millimetri		
27 nov.		197	*Italia*	*A B C*	34061	20652	1180	13	1,51	5,446	»	»	
id.		198	id.	id.	id.	id.	1100	15	1,22	4,400	»	»	
29 d°	199		id.	id.	34381	20872	1220	9	2,25	8,133	1′... 110mm 30″... 160 7′ 1/2... 185	260	
(1) id.	200		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	1″... 110mm 30″... 160 7′ 1/2...185	263	
id.	201		id.	id.	id.	id.	1230	8 3/4	2,34	8,733	1′... 118mm 30″... 165 7′,15″...190	270	
id.	202		id.	id.	id.	id.	1230	9	2,27	8,200	1′... 102mm 30″... 162 7′ 1/2... 192	262	
id.	203		id.	id.	id.	id.	1230	8	2,56	9,225	1′... 115mm 30″...155 4′ 1/2... 200 2′... 205	296	
id.	204		id.	id.	id.	id.	1230	8	2,56	9,225	1′... 118mm 30″... 165 6′ 1/2... 206	297	
id.		205	id.	id.	id.	id.	1220	11	1,84	6,684	28 e 15	»	
id.		206	id.	id.	id.	id.	1230	11	1,86	6,709	25 e 15	»	
id.		207	id.	id.	id.	id.	1230	10 3/4	1,90	7,062	id.	»	
id.		208	id.	id.	34681	21172	1230	14	1,46	5,271	id.	»	
id.		209	id.	id.	34581	21072	1230	15	1,36	4,920	id.	»	
id.		210	id.	id.	id.	id.	1230	14 1/2	1,41	5,160	id.	»	
30 d°	211		id.	id.	34081	20572	1220	9 1/2	2,14	7,870	1′... 110mm 8′ 1/2... 160	245	
id.	212		id.	id.	id.	id.	1220	9	2,25	8,133	1′... 100mm 30″... 152 7′ 1/2...173	260	
id.		213	id.	id.	34581	21072	1210	(2) 18 1/2	1,09	3,967	25 e 15	»	
id.		214	id.	id.	id.	id.	1000	12 1/2	1,33	4,878	id.	»	

(1) Oggi furono presenti alle prove i Membri della Commissione Governativa Italiana Comm. Valvassori, prof. Cavallero e ingegnere Crosa, recatisi espressamente a Lanslebourg allo scopo di accertare il progresso ottenutosi nel regolare la discesa, la quale prosegue ad effettuarsi in modo inappuntabile, essendosi il personale di servizio del convoglio dimostrato perfettamente abile a signoreggiare la velocità del convoglio medesimo, senza produrre la menoma scossa negli avviamenti e negli arresti, e nemmeno ancor ricorrere all'uso dei freni applicati ai carri.

(2) Durata così considerevole in causa d'una fermata di circa 6 minuti per scaricamento di legnami.

Nota D

Calcolo teorico di un piano inclinato a trazione funicolare secondo il sistema Agudio

Nella presente Nota si espone, a semplice titolo di saggio, il modo di calcolare gli elementi principali di un piano inclinato a trazione funicolare secondo il sistema Agudio, del quale piano siano noti la pendenza, il carico da trasportarsi e la velocità di traslazione durante la corsa di ascesa, la sola corsa che dobbiamo considerare, attesochè la discesa del piano inclinato viene effettuata abbandonando semplicemente il convoglio alla forza di gravità e moderandone il moto coll'aiuto di freni. Facendo poi l'applicazione delle formole al caso particolare del piano inclinato di Lanslebourg, ne rileveremo la differenza dai dati trovati praticamente.

Rapporto fra la velocità delle funi motrici e la velocità di traslazione del convoglio. — Uno dei caratteri distintivi del sistema Agudio consiste nell'impiego di funi motrici a grande velocità. Perciò importa di determinare il rapporto che passa fra questa velocità e quella, sempre notevolmente minore, di traslazione del convoglio. Per quest'oggetto indichiamo con V la velocità delle funi motrici e con v quella da imprimersi al convoglio, l'una e l'altra in metri per 1"; con D il diametro delle puleggie motrici del locomotore, con d quello delle sue ruote dentate orizzontali di propulsione, e con $\frac{1}{q}$ il rapporto del rotismo dentato di trasmissione del movimento dalle ruote stesse alle puleggie sovra nominate. Le funi, oltre all'aver comune col convoglio la velocità v, debbono essere animate da una velocità propria di sviluppo sulla circonferenza di queste puleggie, la quale velocità di sviluppo è uguale alla velocità di traslazione

del convoglio v moltiplicata per $\frac{qD}{d}$; donde segue che si avrà $V = v + v\frac{qD}{d}$, ossia

$$V = v\left(1 + \frac{qD}{d}\right) \tag{1}$$

Esempio. — Pel piano inclinato di Lanslebourg essendo $D = 2^m,500$; $d = 0,^m740$; $q = \frac{0^m,643}{0^m,553} = 1,1627$, verrà $V = 4,928\ v$, o molto prossimamente $V = 5v$.

Sforzo che le funi debbono esercitare tangenzialmente alle puleggie motrici del locomotore. — Nella fig. 1 della tavola I è dimostrativamente rappresentato il modo con cui ciascuna delle funi motrici viene avvolta alla coppia corrispondente delle puleggie motrici A e B del locomotore. Lo sforzo di cui ora intendiamo parlare è quello del tratto di fune ef che va da queste puleggie e che misurato in chilogrammi designeremo con S per una sola fune. Denoteremo in pari tempo con p il peso del locomotore in tonnellate, con P quello del convoglio utile che il locomotore spinge dinnanzi a sè su pel piano inclinato, eziandio in tonnellate, con $\frac{1}{i}$ la pendenza del piano inclinato, cioè il rapporto fra l'altezza e la lunghezza assoluta di questo piano, con r il coefficiente di resistenza alla trazione per ogni tonnellata di convoglio sopra una ferrovia orizzontale, e con $\frac{1}{a}$ il rapporto che passa tra lo sforzo necessario a vincere le resistenze proprie del meccanismo del locomotore e quello richiesto per muovere l'intiero convoglio, il locomotore compreso, considerato siccome composto di semplici veicoli (V. Nota B a pag. 83). Entrambi questi sforzi, la cui somma è uguale ad S, debbono intendersi riportati tangenzialmente sulla circonferenza delle puleggie motrici del locomotore.

Per ognuna delle due funi il secondo dei medesimi sforzi è espresso da $\frac{1}{2} \cdot \frac{v}{V} \cdot (p + P)\left(\frac{1000}{i} + r\sqrt{1 - \frac{1}{i^2}}\right)$; cosicchè si avrà pel primo di essi

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v}{V} (p + P) \left(\frac{1000}{i} + r \sqrt{1 - \frac{1}{i^2}} \right),$$

epperciò verrà per lo sforzo totale da esercitarsi sopra ciascuna fune motrice dal piede verso la sommità del piano inclinato

$$(2) \qquad S = \frac{v}{2V} (p + P) \left(\frac{1000}{i} + r \sqrt{1 - \frac{1}{i^2}} \right) \left(1 + \frac{1}{a} \right).$$

Esempio. — Volendo applicare questa espressione di S al piano inclinato di Lanslebourg, per stare nel caso più sfavorevole, supporremo la pendenza $\frac{1}{i}$ di questo piano costante ed uguale alla massima 0,318; assumendo inoltre $\frac{v}{V} = \frac{1}{5}$; $p = 11,977$ tonnellate; $P = 24,078$ tonnellate; $r = 4$ chilogr., avuto riguardo sia al piccolo valore della velocità v di traslazione del convoglio (2^m per $1''$, ovvero chilom. 7,2 all'ora), sia al piccolo raggio (150^m) delle curve del piano medesimo, ed infine $\frac{1}{a} = \frac{1}{10}$, valore in cui trovasi compresa anche la resistenza dovuta alla rigidezza della fune in b e d (fig. 1ª), si otterrà:

$$S = \frac{1}{10} \times 36,055 \times \left(318 + 4 \sqrt{1 - \overline{0,318}^2} \right) \times 1,10 = 1276,^{kg.}\ 243.$$

Resistenze della trasmissione funicolare; resistenza dovuta alle puleggie tenditrici delle due funi al piede del piano inclinato. — Oltre dello sforzo richiesto per la trazione del convoglio le funi debbono vincere ancora le resistenze opposte (fig. 2, Tav. I): 1° dalle puleggie tenditrici e situate al piede del piano inclinato ab; 2° dalle puleggie stradali di sostegno di ciascuna fune nei tronchi rettilinei dello stesso piano; 3° dalle loro puleggie direttrici nei tronchi curvilinei di questo piano; 4° dalle due grandi puleggie di rimando f nella sommità del piano; 5° dalle puleggie k di sostegno dei rami discendenti delle due funi, ed esterni alla strada, che costituiscono la trasmissione telodinamica propriamente detta; 6° finalmente dalle grandi puleggie motrici fisse g, h delle due turbini. Nel calcolo di queste resistenze, che ora passeremo ad esaminare partitamente, assumeremo inoltre

le due seguenti ipotesi, cioè; 1° che il locomotore ($c\,d$) si trovi al piede del piano inclinato, ossia nella posizione più sfavorevole; 2° che la lunghezza di questo piano sia per metà in linea retta e per l'altra metà in linea curva di raggio costante — a un dipresso il caso di Lanslebourg.

La prima delle resistenze ora enumerate, cioè la resistenza delle puleggie tenditrici delle due funi al piede del piano inclinato, è prodotta in parte dall'attrito nei cuscinetti degli alberi di queste puleggie, ed in parte dalla rigidezza delle funi medesime. Per rapporto a questa rigidezza dobbiamo notare che, in seguito ad esperimenti instituiti dallo stesso inventore del presente sistema di trazione funicolare, sig. Agudio, nel 1863 sul piano inclinato di Dusino (Piemonte), per funi d'acciaio di diametro compreso fra $0^m,015$ e $0^m,025$ la medesima può ritenersi siccome semplicemente proporzionale al diametro della fune. Onde però sia lecito l'ammettere questa legge, soggiungeremo che la fune dev'essere costrutta a somiglianza di quelle, per esempio, applicate al piano inclinato di Lanslebourg, le quali a parità di diametro rispetto alle altre funi metalliche offrono una flessibilità assai maggiore: quindi noi, non conoscendo altri più precisi dati su quest'ardua materia, a quella ipotesi ci atterremo nei nostri calcoli. D'altronde giova avvertire che la formola qui appresso adottata per la determinazione della resistenza dovuta alla rigidezza delle funi, conduce già a numeri sensibilmente superiori a quelli che si derivano dalle note formole di Coulomb e di Redtembacher.

Ciò premesso, designamo con δ' il diametro delle funi, con Δ_1 il diametro delle puleggie tenditrici e con R lo sforzo di trazione esercitato, sopra ciascun tratto della fune che si considera, dal rispettivo tenditore. Secondo la formola proposta dall'ingegnere Agudio, avremo allora per la resistenza cagionata dalla rigidezza di questa fune sulla sua puleggia tenditrice

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta'}{\Delta_1} R$$

nella quale formola il fattore $\frac{1}{2}$ rappresenta un coefficiente stato determinato sperimentalmente. A questa resistenza fa d'uopo l'aggiungere ancora quella generata dall'attrito che l'albero della puleggia incontra nel rotare entro i suoi cuscinetti. Detti δ_1 il diametro dei perni di quest'albero, e Π_1 il peso gravitante sugli stessi cusci-

netti, si ha dapprima $\sqrt{\Pi_1^2 + 4R^2}$, per la pressione totale sofferta da questi complessivamente; cui corrisponde la resistenza d'attrito $f \times \sqrt{\Pi_1^2 + 4R^2}$, se indicasi con f il coefficiente d' attrito, però tangenzialmente alla circonferenza degli accennati perni. Questa resistenza riportata sulla circonferenza della puleggia, cioè misurata secondo la direzione della fune, diviene $\frac{\delta_1}{\Delta_1} \cdot f \sqrt{\Pi_1^2 + 4R^2}$. Cosicchè finalmente deducesi per la totale resistenza opposta dalle puleggie tenditrici al piede del piano inclinato, e la quale denoteremo con ρ_1 per una sola fune,

$$(4) \qquad \rho_1 = \frac{1}{\Delta_1}\left(\frac{\delta' R}{2} + f\,\delta_1 \sqrt{\Pi_1^2 + 4R^2}\right)$$

Esempio. — Pel piano inclinato di Lanslebourg essendo $\Delta_1 = 4^m,00$; $\delta_1 = 0^m,15$; $\delta' = 0,023$; $\Pi_1 = 1500$ kg. ed $R = 400$ kg., ove inoltre prendasi $f = 0,06$, risulta $\rho_1 =$ kg. 4,975.

Resistenza delle puleggie di sostegno delle funi nei tronchi rettilinei della strada. — Questa seconda resistenza consiste unicamente nell'attrito che gli assi delle puleggie in discorso provano nel girare entro i propri guancialini. Denotando con L la lunghezza assoluta del piano inclinato, con Δ_2 e Π_2 il diametro ed il peso di ciascuna puleggia, con δ_2 il diametro del loro asse, con l_1 la distanza compresa tra due puleggie consecutive e misurata parallelamente al piano della strada, con ϖ il peso delle funi per metro corrente, con f il coefficiente di attrito e con ρ_2 la resistenza in questione, risulta in primo luogo per la componente del peso del tratto l_1 di fune normale al piano della strada $\varpi\, l_1 \sqrt{1 - \frac{1}{i^2}}$: donde conseguitano per la pressione risultante che complessivamente sovrincombe ai due guancialini di ogni puleggia

$$\sqrt{\Pi_2^2 + \varpi^2 l_1^2 \left(1 - \frac{1}{i^2}\right) + 2\,\varpi\, l_1\, \Pi_2 \sqrt{1 - \frac{1}{i^2}} \sqrt{1 - \frac{1}{i^2}}}$$
$$= \sqrt{\Pi_2^2 + \varpi\, l_1 \left(\varpi\, l_1 + 2\,\Pi_2\right)\left(1 - \frac{1}{i^2}\right)},$$

e poscia, ove si osservi che $\frac{L}{2\,l_1}$ è il numero delle puleggie rife-

rentisi a ciascuna delle funi, avremo per la resistenza ρ_2 riportata sulla circonferenza delle puleggie stesse e limitata ad una sola fune

$$(5) \qquad \rho_2 = \frac{f\,\delta_2\,L}{2\,\Delta_2\,l_1}\sqrt{\Pi_2^2 + \varpi\,l_1\left(\varpi\,l_1 + 2\,\Pi_2\right)\left(1 - \frac{1}{i^2}\right)}.$$

Esempio. — Applicando questa formola (5) al piano inclinato di Lanslebourg, pel quale sono $L = 1337^m,80$; $l_1 = 14^m$; $\delta_2 = 0^m,020$; $\Delta_2 = 0^m,250$; $\Pi_2 = 15^{kg.}$; $\varpi = 1^{kg.},5$; $\frac{1}{i} = 0,318$, quando però ancora si assumano $f = 0,06$ e $\frac{L}{2\,l_1} = 48$, trovasi $\rho_2 = {}^{kg.}7,939$.

Resistenza delle puleggie direttrici delle funi nelle linee curve. — Nel calcolo di questa terza resistenza, prodotta dagli attriti che si sviluppano nella ralla e nel collare di guida dell'asse di ciascuna puleggia, trascureremo il peso del tratto di fune gravitante sulla puleggia a fronte del valore relativamente grande della tensione della fune. Questa tensione poi comprendesi di leggieri che deve essere uguale, per ciascuna fune, ad S parte dello sforzo che questa deve esercitare per la trazione del convoglio, più lo sforzo R da cui la fune è tirata verso il basso del piano inclinato dal suo tenditore, più ancora la resistenza ρ_1 dovuta allo stesso tenditore, più ancora per ultimo la componente parallela al piano inclinato del peso proprio della fune per una lunghezza che supporremo uguale alla metà di quella del piano. Detta adunque T la tensione medesima, siccome questa componente vale $\frac{1}{2} \cdot \frac{\varpi\,L}{i}$, si avrà

$$(6) \qquad T = S + R + \rho_1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\varpi\,L}{i}.$$

A dir vero nel computo di T dovrebbe anche inchiudersi una frazione almeno della resistenza ρ_2, il cui valore dipende dalla ripartizione dei rettifili e delle linee curve lungo l'intero piano inclinato. Oltrecchè questa frazione sarà sempre minore di $\frac{1}{2}$, il valore di ρ_2 in generale è piccolissimo in confronto di quello di T; per guisa che è lecito non tenerne conto, impiegando senz'altro la formola precedente.

Avuto il valore della tensione T, come trovasi indicato nella fig. 3 della Tav. I, è facile dedurre quello della pressione ac sofferta dal collare di guida di ciascuna puleggia. Se φ è l'ampiezza dell'angolo abbracciato dalla fune, siccome $ac = ab + bc = 2\ T.\cos(T\hat{a}\ c)$, verrà pel valore di questa pressione $2\ T.\ \text{sen}\ \frac{\varphi}{2}$. Ricordando poi che, detto Π_3 il peso della puleggia, la pressione esercitata sulla sua ralla ha per valore $\frac{2}{3}\Pi_3$, risulterà per la totale resistenza d'attrito opponentesi al movimento della puleggia $f\left(2\ T\ \text{sen}\ \frac{\varphi}{2} + \frac{2}{3}\Pi_3\right) = 2f\left(T\ \text{sen}\ \frac{\varphi}{2} + \frac{\Pi_3}{3}\right)$ tangenzialmente al suo asse; o, se si designano con Δ_3 e δ_3 i diametri delle puleggie e del loro asse, $\frac{2f\delta_3}{\Delta_3}\left(T\ \text{sen}\ \frac{\varphi}{2} + \frac{\Pi_3}{3}\right)$ riportata sulla circonferenza della puleggia o sulla fune. E finalmente, ove si rappresenti con l_2 la distanza tra due puleggie consecutive e con ρ_3 la totale resistenza che ciascuna fune incontra nelle linee curve per parte delle proprie puleggie direttrici, siccome allora $\frac{L}{2l_2}$ è il numero di queste puleggie, così è chiaro che verrà:

$$(7) \qquad \rho_3 = \frac{f\delta_3 L}{\Delta_3 l_2}\left(T\ \text{sen}\ \frac{\varphi}{2} + \frac{\Pi_3}{3}\right).$$

Esempio. — Pel piano inclinato di Lanslebourg avendosi $\Delta_3 = 0^m320$; $\delta_3 = 0^m,025$; $\Pi_3 = 25^{kg}$; $\varphi = 1°23'$, cui corrisponde sen $\frac{\varphi}{2} = 0,01207$; $L = 1337^m,80$; $\varpi = 1^{kg},5$; $l_2 = 3^m,60$; $\frac{1}{i} = 0,318$; $S = 1276^{kg},243$; $R = 400^{kg}$ e $\rho_1 = 4^{kg},975$, ove di più facciansi $f = 0,06$; $\frac{L}{2\,l_2} = 185$, epperò $\frac{L}{l_2} = 370$, si ricava $\rho_3 =$ kg. 56,278.

Resistenza delle puleggie di rimando delle funi alla sommità del piano inclinato. — La presente resistenza è generata dalla rigidezza delle funi e dall'attrito sviluppantesi nei cuscinetti degli alberi di queste puleggie. L'intensità dell'una e dell'altra di queste resistenze parziali dipende dal grado di tensione dei tratti di fune, i quali vanno alle puleggie medesime. Designeremo questa tensione con T', con Δ_4 e Π_4 il diametro ed

il peso di ciascuna puleggia, con δ_4 il diametro del suo asse, e con δ' sempre il diametro delle funi. Manifestamente, immaginando spezzata una qualunque delle funi nel punto in cui essa va ad abbracciare la rispettiva puleggia, per poter tirare il tratto che ne risulta verso il piano inclinato è mestieri fare equilibrio non solo allo sforzo S ed al tiro R del tenditore, ma eziandio alle resistenze ρ_1, ρ_2, ρ_3 ed alla componente del peso dello stesso tratto di fune parallela al piano inclinato $\frac{\omega L}{i}$. S'inferisce da ciò che la tensione poc'anzi menzionata trovasi espressa da

$$(8) \qquad T' = S + R + \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \frac{\omega L}{i}$$

donde segue per l'intensità della rigidezza di ciascuna fune

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta'}{\Delta_4} T'.$$

Per altra parte la pressione sofferta complessivamente dai cuscinetti di ognuna delle puleggie essendo data da $\sqrt{\Pi_4^2 + 4\,T'^2}$, si ha per la resistenza d'attrito misurata tangenzialmente alla loro circonferenza $\frac{f\,\delta_4}{\Delta_4} \sqrt{\Pi_4^2 + 4\,T'^2}$; ed in conseguenza, detta ρ_4 la resistenza totale opposta dalle puleggie medesime al movimento di ciascuna fune, verrà

$$(9) \qquad \rho' = \frac{1}{\Delta_4} \left(\frac{1}{2}\,\delta'\,T' + f\,\delta_4 \sqrt{\Pi_4^2 + 4\,T'^2} \right)$$

Esempio. — Queste due formole (8) e (9) applicate al piano inclinato di Lanslebourg, pel quale sono $\Delta_4 = 4^m,00$; $\delta_4 = 0^m,13$; $\delta' = 0^m,023$; $\Pi_4 = 1250^{kg.}$; $L = 1337^m,80$; $\omega = 1^{kg.},5$; $\frac{1}{i} = 0,318$; $S = 1276^{kg.},243$; $R = 400^{kg.}$; $\rho_1 = 4^{kg.},975$; $\rho_2 = 7^{kg.},939$; $\rho_3 = 56^{kg.},278$, preso sempre il coefficiente $f = 0,06$, somministrano $T' = 2383^{kg.},565$ e $\rho_4 = 17^{kg.},661$.

Resistenza della trasmissione telodinamica. — La trasmissione telodinamica propriamente detta (fig. 2, tav. I) è formata dei rami discendenti delle due funi, collocati esternamente al piano inclinato e compresi fra le puleggie di rimando

alla sommità di questo piano e le puleggie motrici delle due turbini. Avuto riguardo alla piccola sacca delle catenarie di questa trasmissione, ci facciam lecito di trascurare nel calcolo della sua resistenza la rigidezza delle funi, la quale resistenza perciò rimane ridotta agli attriti nei cuscinetti delle puleggie di sostegno della trasmissione medesima. Indicando pertanto con Δ_5 il diametro di queste puleggie, con δ_5 il diametro del loro asse, con Π_5 il loro peso, con l_3 la distanza compresa fra due puleggie consecutive, con L' la lunghezza sviluppata di ciascun ramo discendente delle funi e con $\frac{1}{i'}$ la sua pendenza media per metro, un ragionamento analogo a quello esposto per le puleggie di sostegno delle funi lungo i tronchi rettilinei del piano inclinato, conduce al seguente valore della pressione sui due cuscinetti di ciascuna puleggia complessivamente

$$\sqrt{\Pi_5^2 + \tilde{\omega} l_3 (\tilde{\omega}\, l_3 + 2\,\Pi_3 + 2\,\Pi_5)\left(1 - \frac{1}{i'^2}\right)}.$$

dopo di che è chiaro che, denotando con ρ_5 la resistenza dovuta alla trasmissione telodinamica per ogni fune, risulterà per questa resistenza riportata sulla circonferenza delle puleggie sovra menzionate

$$(10) \qquad \rho_5 = \frac{f\,\delta_5\,L'}{l_3\,\Delta_4}\sqrt{\Pi_5^2 + \tilde{\omega}\, l_3\,(\tilde{\omega}\, l_3 + 2\,\Pi_5)\left(1 - \frac{1}{i'^2}\right)}.$$

Esempio. — Pel piano inclinato di Lanslebourg essendo $L' = 1160^m$; $l_3 = 80^m$; $\delta_5 = 0^m,035$; $\Delta_5 = 1^m,00$; $\Pi_5 = 40$ kg.; $\tilde{\omega} = 1$ kg.,5; $\frac{1}{i'} = 0,285$; assunti ancora $\frac{L'}{l_3} = 15$ ed f sempre $= 0,06$, si ottiene $\rho_5 =$ chilogr. 4,842.

Resistenza delle puleggie motrici fisse. — Queste puleggie, collocate lungo i tratti discendenti della trasmissione funicolare a breve distanza dal piede del piano inclinato, sono in numero di due soltanto per le due funi assieme, ognuna a quattro gole, delle quali due con fondo rivestito di trecce d'aloe, e le altre due portanti un anello folle. Ciascuna fune, come può scorgersi nella fig. 4 della Tav. I, abbraccia entrambe le puleggie due volte per mezza circonferenza, però l'una puleggia entro due gole semplicemente rivestite d'aloe e l'altra entro due gole

munite d'anello. In questa maniera è palese che per ogni fune l'una delle due puleggie funziona da puleggia motrice e l'altra unicamente fa da puleggia direttrice. Nella fig. 4 trovansi inoltre indicate le tensioni dei vari tratti della fune che si considera compresi fra le due puleggie. Seguendo il verso del movimento della fune vedesi che, detti T''' e R le tensioni rispettive del tratto che viene a queste puleggie dalla linea telodinamica e di quello che dalle medesime va verso l'apparecchio tenditore, si riconoscerà che il primo tratto diretto dalla puleggia motrice A alla puleggia direttrice B ha per tensione $\frac{T'''}{2}$, e che lo stesso è del tratto il quale dalla B va alla puleggia A, poichè l'intiero sforzo T''' da esercitarsi sulla linea telodinamica mediante la puleggia motrice A è ottenuto per metà mediante un primo mezzo giro di fune e per l'altra metà con un secondo mezzo giro. Si riconoscerà ancora che la tensione del tratto il quale parimente va dalla puleggia motrice A alla puleggia direttrice B è uguale allo sforzo di trazione R esercitato dal tenditore. Per la qual cosa risultano prima per la trazione orizzontale sofferta dall'asse della puleggia motrice $T''' + 2\frac{T'''}{2} + R = 2\ T''' + R$, e per quella sopportata dall'asse della puleggia direttrice $\frac{T'''}{2} + \frac{T'''}{2} + R + R = T''' + 2\ R$: d'onde poscia se con Π_6 denotasi il peso gravitante sui due cuscinetti di ciascuna puleggia complessivamente, vengono per le pressioni risultanti su questi cuscinetti i valori di $\sqrt{\Pi_6^2 + (2\ T''' + R)^2}$ per la puleggia motrice A, e di $\sqrt{\Pi_6^2 + (T''' + 2\ R)^2}$ per la puleggia direttrice B. Moltiplicando adunque la somma di queste pressioni successivamente pel coefficiente d'attrito f e per $\frac{\delta_6}{\Delta_6}$, rapporto dei diametri dei perni degli assi e delle gole delle due puleggie, si ricava per la resistenza opposta dagli attriti di queste al movimento di ciascuna fune

$$\frac{f\,\delta_6}{\Delta_6}\left[\sqrt{\Pi_6^2 + (2\ T''' + R)^2} + \sqrt{\Pi_6^2 + (T''' + 2\ R)^2}\right].$$

Dopo di ciò rimane ancora a determinarsi la resistenza proveniente dalla rigidezza della fune nei punti a e b. Per la puleggia motrice A la resistenza dovuta a questa rigidezza nel punto a ha per valore $\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta'}{\Delta_6} T''$ dopo il primo mezzo giro, e $\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta'}{\Delta_6} \cdot \frac{T''}{2}$ dopo il secondo mezzo giro. Nel punto b per la puleggia motrice si hanno i valori $\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta'}{\Delta_6} R$ dopo il primo mezzo giro, e $\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta'}{\Delta_6} \cdot \frac{T''}{2}$ dopo il secondo mezzo giro, δ' essendo sempre il diametro della fune. In conseguenza se con ρ_6 si designa la totale resistenza prodotta sopra ciascuna fune delle puleggie motrici fisse del sistema, si deduce finalmente che

$$(11) \qquad \rho_6 = \frac{1}{\Delta_6} \left\{ f \delta_6 \left[\sqrt{\Pi_6^2 + (2\,T'' + R)^2} + \sqrt{\Pi_6^2 + (T'' + 2\,R)^2} \right] + \delta' \left(T'' + \frac{R}{2} \right) \right. \text{(*)}$$

Quanto al valore della tensione T'' è poi evidente che si ha $T'' = T' + \rho_4 + \rho_5 \frac{\omega L}{t}$, ossia

$$(12) \qquad T'' = S + R + \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5$$

Esempio. — Facendo al solito l'applicazione delle due formole ora stabilite (11) e (12) al piano inclinato di Lanslebourg, pel quale sono: $\Delta_6 = 4^m,00$; $\delta_6 = 0^m,200$; $\Pi_6 = 2500^{kg}$; $\delta' = 0^m,023$; $S = 1276^{kg},243$; $R = 400^{kg}$; $\rho_1 = 4^{kg},975$; $\rho_2 = 7^{kg},939$; $\rho_3 = 56^{kg},278$; $\rho_4 = 17^{kg},661$; $\rho_5 = 4^{kg},842$, si trova primieramente $T'' = 1767^{kg},928$; donde, preso inoltre $f = 0,06$, si ricava $\rho_6 = 36^{kg},055$.

Lavoro motore necessario per far funzionare il sistema di trazione funicolare Agudio, ed effetto utile di questo sistema. — Il lavoro motore, di cui qui vuolsi parlare, è quello da svilupparsi sugli alberi delle grandi puleggie motrici fisse, indi-

(*) Rigorosamente parlando, vuol essere almeno avvertito che questa espressione, oltre al non essere applicabile all'altra fune per motivo delle tensioni in parte differenti dei tratti di fune compresi fra le due puleggie, conduce ad un valore di ρ_6 maggiore del vero, salvo che per Π_6 si prendesse la metà del peso totale sovrincombente ai due cuscinetti di ciascuna puleggia.

pendentemente cioè dalla specie della macchina motrice impiegata. Si ottiene questo lavoro motore facendo la somma del lavoro utile, vale a dire effettivamente adoperato nell'elevazione del convoglio utile, coi vari lavori resistenti, ossiano richiesti per l'innalzamento del locomotore e per vincere tutte le resistenze proprie del meccanismo di quest'ultimo e della trasmissione funicolare. Il rapporto poi che passa tra il lavoro utile ed il lavoro motore così determinato, rappresenta il vero effetto utile del sistema.

Noi converremo di designare con L_m il lavoro motore, con L_u il lavoro utile e con ε l'effetto utile del sistema. Continuando allora a ritenere tutte le denominazioni usate precedentemente, tra cui solo ricorderemo le seguenti: v velocità di traslazione del convoglio, V velocità delle funi, S sforzo sviluppato da ciascuna di queste tangenzialmente alle puleggie motrici del locomotore, e P il peso del convoglio utile in tonnellate, è chiaro dapprima che $2\,(S+\rho_1+\rho_2+\rho_3+\rho_4+\rho_5+\rho_6)$ rappresenta lo sforzo totale da esercitarsi complessivamente sulle due funi onde produrre l'accennato lavoro motore, nel quale sforzo noteremo di passaggio che non debbono entrare nè il peso delle funi nè l'azione dei tenditori, perchè le due funi essendo continue i lavori corrispondenti a queste due forze sono uguali e di segno contrario pei loro rami ascendenti e discendenti. Si ha perciò per l'espressione del lavoro motore riferito al minuto secondo e valutato in chilogrammetri

$$(13)\qquad L_m = 2\,V\,(S+\rho_1+\rho_2+\rho_3+\rho_4+\rho_5+\rho_6);$$

colla quale confrontando la seguente relativa al lavoro utile misurato parimente in chilogrammetri per 1''

$$(14)\qquad L_u = v\,P\left(\frac{1000}{i}+r\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right)$$

viene per l'effetto utile del sistema

$$(15)\qquad \varepsilon = \frac{v\,P\left(\frac{1000}{i}+r\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right)}{2\,V\,(S+\rho_1+\rho_2+\rho_3+\rho_4+\rho_5+\rho_6)}.$$

Esempio. — Se le tre espressioni precedenti si applicano al piano inclinato di Lanslebourg, pel quale hannosi $\frac{v}{V} = \frac{1}{5}$; $v = 2^m$, epperò $V = 10^m$; $P = 24{,}078$ tonn.; $\frac{1}{i} = 0{,}318$; $S + \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5 + \rho_6 = 1403^{kg.}{,}993$ ed $r = 4$ chilogr., si troveranno $L_m =$ chilogrammetri $28079{,}860 =$ cav. vap. $374{,}39$; $L_u =$ chilogrammetri $15496{,}215 =$ cav. vap. $206{,}61$, ed $\varepsilon = 0{,}551$.

Paragone dei risultati della teoria con quelli ottenuti sperimentalmente. — Sebbene nell'esempio numerico or ora riportato siasi supposta la pendenza $\frac{1}{i}$ del piano inclinato costante ed uguale alla massima 0,318, tuttavia i valori ottenuti per il lavoro motore L_m e per l'effetto utile ε sono ancora notevolmente quello minore e questo maggiore dei valori dedotti per mezzo dell'esperienza, che diede per l'effetto utile un valore di 0,38. Di una parte di queste considerevoli differenze è facile scoprire la spiegazione, avendo origine la medesima dal fatto che il piano inclinato di Lanslebourg è lungi dal trovarsi nelle condizioni perfette d' impianto teoricamente supposte ed indicate nella fig. 2 della tav. I. Così, per citare la principale di queste condizioni, alla quale, per motivi certo indipendenti dalla volontà dell'inventore, non si è potuto soddisfare, vuolsi avvertire che secondo la disposizione teorica della fig. 2 le puleggie motrici fisse g, h e la puleggia di rimando f di ciascuna fune debbono giacere nello stesso piano verticale, onde la linea telodinamica non abbia a soffrire deviazioni nel senso orizzontale. Ora non solo, a Lanslebourg, questa condizione non venne osservata, perchè si è creduto più conveniente di seguire il terreno, ma inoltre nelle tre deviazioni orizzontali che ne risultarono vennero, per ragioni di economia, impiegate molte puleggie di piccolo diametro in luogo di poche puleggie di diametro bastantemente grande, per dirigere le due funi; cioè invece di 10 puleggie di $2^m{,}50$ che avrebbero potuto bastare, se ne utilizzarono 38 del diametro di 1^m o poco più. Ciò, oltre all'accrescere le resistenze d'attrito, ha in proporzione ancora più forte contribuito ad aumentare la resistenza prodotta dalla rigidezza delle funi. Forse queste circostanze, se apprezzate colle sovra esposte formole, non hanno un gran valore; difatti, se per esse triplicassero le resistenze della trasmissione telodinamica, non ne verrebbe che un aumento di meno che 10 cavalli di forza; ma c'è ancora da aggiungere

l'imperfezione degli impianti, che a Lanslebourg si rilevava colle scosse ed il tremolìo che accompagnavano il moto delle funi e del treno. Crediamo quindi di essere giustificati nell'asserire che il vero effetto utile del sistema funicolare Agudio può superare il numero dato dall'esperienza; ma d'altra parte anche il numero somministrato dalla teoria rappresenta il valore dell'effetto utile, che non solo è il massimo possibile, ma anzi sarà certamente inarrivabile anche per un piano inclinato analogo a quello di Lanslebourg, perchè eziandio in un impianto definitivo fatto colla più grande cura tornerà impossibile l'ottenere in modo perfetto la disposizione supposta nella precedente teoria, perchè nella teoria non si tenne alcun conto della gravità della fune, che pure può concorrere, quantunque in una misura difficilmente apprezzabile teoricamente, alle resistenze passive, perchè neppure si tenne calcolo della rigidità della fune nelle curve, e di quella da superarsi per vincere le catenarie fra i punti di sospensione, perchè non venne mai ammesso alcuno strisciamento, mentre pur ve ne saranno di inevitabili, perchè infine la rigidità della fune attorno alle grandi puleggie venne calcolata secondo coefficienti che non sono punto dimostrati.

Queste ragioni, unite ad alcune altre circostanze che sfuggono al calcolo, anzi persino all'analisi, spiegano il motivo per cui la resistenza delle sole funi, per esempio, fu trovata a Lanslebourg di circa 101 cavalli, mentre riescirebbe appena di cavalli 34 colle suesposte formole, e dall'inventore, dall'Ingegnere della Casa Cail e dal sig. Ispettore generale Couche non fu mai presunta arrivare a 40 cavalli. Per tener conto di queste circostanze noi proponiamo un ripiego che non è certamente corretto in teoria, ma che pur è il migliore, l'unico, che per noi si possa suggerire; ed è quello di aggiungere all'espressione un coefficiente che tenga conto dell'accrescimento delle resistenze originato dalle suddette cause. Questo coefficiente, per casi analoghi a quello del piano di prova, potrebbe ritenersi di 0,70, come risulta dalla divisione dei due effetti utili ritrovati, cioè quello pratico in 0,38 e quello teorico in 0,55.

Ma nello applicare queste formole a casi diversi da quello di Lanslebourg, cioè con diverso rapporto fra le varie espressioni della formola, converrà analizzare partitamente le resistenze della fune, poi quelle speciali del locomotore, ed infine il lavoro per tirare su il treno ed il locomotore considerato come carro. Allora al valore delle resistenze della fune sarà applicabile il

coefficiente 2,6 $\left(\text{ossia } \frac{90}{34}\right)$; e quanto a quelle del locomotore, si noterà che le esperienze ne diedero le resistenze in 140 cavalli, mentre la sua gravità e le sue resistenze calcolate ad $\frac{1}{10}$ di quelle del treno (come si assunse nelle formole) dovevano dare soltanto cavalli 63 all'incirca; a questo valore adunque ricavato dalla teoria sarebbe da applicarsi il coefficiente 2. Se difatti applicansi questi coefficienti al nostro caso pratico si ridurrebbe il valore dell'effetto utile ad $\varepsilon = \dfrac{169}{\frac{90}{2,6} + \frac{142}{2} + 200} = 0,55$, conforme cioè a quello della teoria.

Conseguenze della precedente teoria intorno all' effetto utile del sistema Agudio allorquando si fanno variare alcuni degli elementi relativi al piano inclinato od al convoglio. — Dall'espressione analitica (15) dell'effetto utile ε si possono facilmente dedurre parecchie conseguenze utili a conoscersi, affine di giudicare entro quali limiti di carico da trasportarsi, di velocità di traslazione del convoglio, di lunghezza e pendenza del piano inclinato, sia conveniente l'applicazione del sistema di trazione funicolare Agudio. Accenneremo brevemente ad alcune di queste conseguenze.

1° Rimanendo costanti la lunghezza e la pendenza del piano inclinato, il rapporto fra la velocità di traslazione del convoglio e quella delle funi, ed infine il peso del carro locomotore, cosa quest'ultima ammessibile entro certi limiti, l'effetto utile ε cresce coll'aumentare del peso P del convoglio, fino al limite di quello che corrisponde alle dimensioni della fune e del locomotore.

2° Per uno stesso piano inclinato, vale a dire per una medesima lunghezza e pendenza, e per uno stesso peso di convoglio, l'effetto utile del sistema cresce al crescere del rapporto $\frac{v}{V}$, cioè quanto più la velocità di traslazione del convoglio si avvicina a quella delle funi. E ciò ben inteso supponendo che col diminuire del detto rapporto non se ne utilizzino le conseguenze naturali, cioè non si diminuisca il diametro della fune.

3° Supposto costante la lunghezza del piano inclinato, il peso P del convoglio inversamente proporzionale alla pendenza $\frac{1}{i}$ e costanti le due velocità v del convoglio e V delle funi, l'ef-

fetto utile del sistema diminuisce col crescere della pendenza $\frac{1}{i}$.

4° L'effetto utile è diminuisce col crescere della lunghezza del piano inclinato nell'ipotesi che restino invariabili la sua pendenza, i pesi P e p del convoglio e del locomotore e le due velocità v del convoglio e V delle funi: e tanto più diminuirà se, col crescere della lunghezza, si crescerà il diametro della fune in ragione delle aumentate resistenze; anzi allora è probabile che l'effetto utile diminuisca più che la formola non l'accusi, a motivo che essa, come dissimo, trascura le conseguenze della gravità della fune e le altre sovra indicate circostanze, il cui importo cresce naturalmente col diametro ed il peso della fune.

Contrappeso delle puleggie tenditrici delle due funi al piede del piano inclinato. — Ponendo termine alla presente Nota, si accennerà con brevi parole al calcolo del contrappeso da applicarsi a ciascuno degli apparecchi tenditori delle funi al piede del piano inclinato; a quest'oggetto la fig. 1 della tav. I fa vedere che il tratto diretto da ognuno di tali apparecchi alle puleggie motrici del carro locomotore è *ab*, la cui tensione supposta uguale ad R deve manifestamente essere almeno bastante per impedire ogni strisciamento della fune sulla puleggia A. D'altro canto essendo $(S+R)$ la tensione del tratto *ef* che va dalle medesime puleggie, si riconoscerà che entrambe queste puleggie, funzionando da puleggie motrici insieme e direttrici, una metà dello sforzo S necessario alla trazione del convoglio dovrà essere fatta dall'una, e l'altra metà dall'altra puleggia: per modo che la tensione del tratto di fune intermedio *cd* sarà uguale ad $\frac{S}{2}+R$. Dopo ciò è noto che, onde non avvenga strisciamento della fune sulla puleggia A, occorre si abbia almeno fra le tensioni dei tratti *ab* e *cd*, i quali abbracciano questa puleggia per sola mezza circonferenza, la relazione

$$\frac{S}{2}+R-R=R\,(e^{f_1\pi}-1) \tag{17}$$

nella quale si chiama e la base dei logaritmi neperiani, f_1 il coefficiente d'attrito tra la fune e la puleggia, che potrà assumersi $=0{,}56$, e π il rapporto della circonferenza al diametro, cosicchè $e^{f_1\pi}=5{,}806$. Risolvendo questa equazione rispetto ad R, dopo di aver messo in luogo di S il suo valore di $1276^{kg}{,}243$,

verrà adunque per l'intensità del tiro, che durante il movimento ogni tenditore deve esercitare nel tratto di fune diretto al locomotore,

$$R = \frac{S}{2\,(e^{f\pi} - 1)} = 133^{kg.} \text{ circa.}$$

Lo stesso tenditore, sempre durante il movimento delle funi, dovrà per conseguenza produrre sull'altro tratto di fune, che viene al medesimo dalle grandi puleggie motrici fisse, un tiro d'intensità uguale a $(133 - \rho_1)$ = prossimamente $(133 - 5) = 128$ chilogr., poichè bisogna che tra le tensioni dei due tratti della fune, a cui il tenditore è applicato, passi una differenza uguale a ρ_1 = circa 5 chilogr., cioè alla resistenza opposta dalla rigidezza della fune e dall'attrito nei cuscinetti della puleggia del tenditore. Il contrappeso finalmente da applicarsi a questo tenditore si otterrà facendo la somma delle tensioni dei due tratti di fune, e poscia aumentando questa somma (= 261 chilogr.) della quantità richiesta per vincere le resistenze relative al castello scorrevole che serve di sostegno alla puleggia del tenditore ed alla carrucola del contrappeso (Vedi tav. XII e Nota A). Pel piano inclinato di Lanslebourg l'ingegnere Agudio, per via di tentativi, stimò conveniente di portare il tiro di entrambi i tratti di fune, considerati nello stato di riposo, per ciascun tenditore a chilogrammi 400, ed il rispettivo contrappeso a chilogr. 1200. I quali numeri manifestamente possono aver solo ragione d'essere nelle condizioni speciali del luogo e nella grande convenienza di rendere sommamente pronta l'azione dei tenditori, massime quando avviene il rilassamento delle funi al passaggio del convoglio nelle curve.

Nota E

Potenza dei freni di cui è fornito il carro locomotore

Il locomotore, allo scopo di poter moderare od anche completamente arrestare il movimento del convoglio durante la discesa del piano inclinato, trovasi munito di vari freni, cioè: 1° di un freno a tenaglia operante sulla lungarina centrale della strada; 2° di un freno a ceppi applicato ai quattro alberi motori verticali; 3° di un freno a morsa annesso alle corone delle quattro puleggie motrici (1). Tutti questi freni sono a fregamento e manovrati a mano, e si può la loro potenza valutare come segue. I relativi sforzi e coefficienti d'attrito sono tali quali lo stesso ingegnere Agudio dichiarò alla Commissione Italiana.

1° Freno a tenaglia. — Sforzo massimo 16000 chilogr.; coefficiente d'attrito 0,32; resistenza massima ottenibile mediante questo freno	chilogr.	5120
2° Freno a ceppi. — Sforzo su ciascun albero 18000 chilogr.; coefficiente d'attrito 0,20; resistenza prodotta dal medesimo complessivamente.	»	14400
3° Freno a morsa. — Sforzo su ciascuna coppia di puleggie 14000 chilogr.; coefficiente d'attrito 0,18; resistenza totale generata col presente freno	»	5040
Totale resistenza o potenza dei tre freni,	chilogr.	24560

Il diametro delle puleggie del freno a ceppi essendo prossi-

(1) Si ommette qui di far parola del freno idraulico, di cui è fornito il locomotore *Francia* in luogo del freno a ceppi, perchè l'imperfetta costruzione di quello non permise d'istituire sul medesimo alcuna prova concludente.

mamente uguale al diametro primitivo delle ruote dentate orizzontali di propulsione, la velocità circonferenziale di quelle può ritenersi siccome uguale alla velocità di traslazione del convoglio. D'altra parte, supponendo il convoglio col peso lordo effettivo di tonn. 36,055 e sulla pendenza massima del piano inclinato, che è di 318 per $^{00}/_{00}$, si ha per la componente dello stesso peso parallela a questo piano

$$36{,}055 \times 318 = 11465{,}49;$$

donde deriva manifestamente che, eziandio non tenendo verun conto delle resistenze d'attrito proprie del convoglio e del meccanismo del locomotore, si può nella discesa del piano inclinato, nella quale il convoglio viene abbandonato alla semplice forza di gravità, moderare od anche arrestare il movimento del convoglio medesimo per mezzo del solo freno a ceppi, la cui potenza massima, infatti, vale chilogr. 14400. Si preferisce però, anche nei casi ordinari, d'impiegare promiscuamente questo freno con quello a tenaglia. Con maggiore pendenza però non converrà far uso del freno a morsa, pel motivo che esso lavora sulle funi, le quali sono una parte delicata e la più importante del sistema. Questo freno viene posto in azione, essendo aperti del tutto i quattro innesti a fregamento del locomotore, epperò folli le quattro puleggie motrici, col ritardare lo sviluppo di queste puleggie sulle due funi immobili durante la discesa, e quindi la velocità di traslazione del convoglio è uguale a questo sviluppo. Il limite massimo della potenza dello stesso freno si otterrà palesemente quando la morsa venga chiusa al segno da far cessare la rotazione delle puleggie; allora è evidente che queste strisceranno sulle funi, cangiandosi l'attrito di sviluppo in un attrito radente.

È ovvio d'altronde che la funzione di tutti questi freni è subordinata a questo, che non si lasci prendere al treno in discesa una velocità smodata, perchè allora intervengono degli urti che rovesciano ogni calcolo, oltrecchè variano i valori dei coefficienti; e se si rifletta quanto pochi secondi bastano, su una linea a fortissime pendenze, per far concepire al treno, abbandonato a sè stesso, una velocità rovinosa, si comprende quanta delicatezza e precisione convenga usare nell'impiego dei freni e nella loro manutenzione, e come non ostante ogni umano sforzo non sia praticamente possibile evitare sempre, se non un disastro, al-

meno una irregolarità nella discesa, inconvenienti questi che sono almeno in maggior misura evitati nei sistemi ove il treno scende appoggiandosi a una dentiera o sostenuto da una fune. E ad illustrare quest'asserzione valga il seguente esempio.

Il treno abbandonato a sè stesso sulla pendenza del piano di Lanslebourg è animato da una forza acceleratrice, che ha il valore di $0{,}318 \times g$, o prossimamente $= 3$. Epperciò partendo dallo stato di riposo il treno abbandonato a sè stesso, e non tenendo conto della forza ritardatrice delle resistenze, lievissima a petto della gravità, prenderà in soli 5″ di tempo una velocità $v = gt = 15^m$. A questa velocità il lavoro della forza viva del treno $\frac{1}{2}Mv^2$ diventa di 3050000: ad ammorzarla, quando non si usi che il freno a ceppi, occorrerà uno spazio x dato dall'equazione $x\,(14400 + 158 - 11465) = 3050000$, dove il numero 158 esprime le resistenze del treno in ragione di 4 chilogr. per tonnellata, più $\frac{1}{10}$ per le resistenze del locomotore. Indi $x = 1000$ all'incirca, cioè occorre un chilometro per arrestare. Che se tutti i tre freni agiscano contemporaneamente e possano anche entrare in azione dopo 5″ (ciò che è poco probabile), l'arresto non si produrrà che dopo percorso uno spazio

$$x' = \frac{3050000}{24560 + 158 - 11465} = 230^m.$$

Questo dimostra anche la necessità di procedere cautissimamente all'atto di cominciare la discesa.

Nota F

Calcolo presuntivo della spesa di costruzione e di esercizio di un piano inclinato col sistema di trazione funicolare Agudio.

Il presente calcolo venne esteso a tre piani inclinati di costante lunghezza uguale a 2500 metri, ma di pendenza diversa, cioè del 27,4 per % (pendenza media del piano di Lanslebourg) pel primo piano inclinato, e del 20 e del 10 per % per gli altri due piani.

Per ciascun piano inoltre vennero considerati distintamente i due casi in cui il sistema è posto in azione mediante un motore idraulico ovvero con motore a vapore. Nel primo caso si suppone perciò disponibile una caduta d'acqua, e soltanto necessario un motore sussidiario a vapore, di cui pare che in nessun caso si potrà far senza, ove si voglia un servizio regolare.

(*a*) Spese di costruzione

Allo scopo di porre in evidenza le spese afferenti in modo particolare al sistema Agudio, si sono ripartite queste spese di costruzione in due categorie denominata l'una *A* e l'altra *B*. Nella prima *A* furono registrate tutte quelle spese le quali sono comuni a qualsivoglia ferrovia e dipendono unicamente dalla natura del luogo dove questa deve costruirsi. Nella seconda categoria, *B*, figurano invece le spese che sono una conseguenza del sistema speciale di trazione Agudio, ovvero che, per motivo del volere far uso di questo sistema, subiscono una modificazione tale da alterarne l'ammontare normale.

Per ultimo si avverte che si è tenuto conto dell'inclinazione del piano per quelle sole spese, sulle quali cotesta inclinazione esercita una sensibile influenza.

CATEGORIA *A*

Spese che non subiscono sensibile modificazione al variare della pendenza.

1° Espropriazione - terreni per corpo stradale, stazioni, rimessa-vetture, piani caricatori, magazzini merci, officine diriparazione (1)	Lire	93,750	»
2° Movimenti di terra (2)	»	56,250	»
3° Acquedotti (3)	»	9,000	»
4° Spese d'arte (4)	»	22,000	»
5° Muri di sostegno (a calcolo)	»	20,000	»
6° Case cantoniere. Passaggi a livello. Viadotti (5)	»	30,000	»
7° Massicciata (6)	»	26,800	»
8° Piattaforme N° 5 (7)	»	15,000	»
9° Scambi N° 5 (8)	»	7,000	»
10° Telegrafo	»	1,200	»
Totale	Lire	281,000	»

Spese variabili colla pendenza del piano inclinato.

Pendenza		27,40		20,00		10,00	
Totale precedente	Lire	281,000	»	281,000	»	281,000	»
11° Fabbricati per le due stazioni, gli uffizi, rimessa-vetture e locomotive, magazzino merci (9).	»	120,000	»	134,000	»	150,000	»
12° Binari di servizio (10)	»	11,000	»	13,200	»	22,000	»
13° Mobilio stazioni, uffizi, ed attrezzi officine	»	15,000	»	15,800	»	17,000	»
Totale	Lire	427,000	»	444,000	»	470,000	»

(1) La zona di terreno da occuparsi si è supposta della larghezza di m. 15 per la lunghezza di m. 2500; prezzo Lire 2,50 per m. q.

(2) Si è supposto il movimento di terra equivalente ad un metro d'altezza su tutta la zona occupata; prezzo L. 1,50 il m. c.

(3) Un acquedotto ogni 200 metri; prezzo medio cadauno L. 750.

(4) Un ponte della luce di 20 metri.

(5) Non si portano case cantoniere, stante la brevità della linea; pei guardiani il servizio è continuo. I passaggi a livello non si possono ammettere per motivo delle funi. Si è supposto la costruzione di 3 viadotti di L. 10000 ciascuno.

(6) Larghezza m. 4,30; altezza m. 0,55; prezzo L. 5 al m. c.

(7) N.° 3 alla stazione situata al piede del piano inclinato, e N.° 2 alla sommità.

(8) N.° 3 alla stazione situata al piede del piano inclinato, e N.° 2 alla sommità.

(9) La superficie 1600, 1750, 2000 m. q. a L. 75 per m. q. La variazione secondo la pendenza proviene dal minore o maggior traffico.

(10) Sviluppo di 500, 600, 1000 metri lineari a L. 22 per metro lineare.

CATEGORIA *B*

1° Caso — Spesa d'impianto con motore idraulico e motore sussidiario a vapore

Spese che non subiscono notevole modificazione al variare della pendenza (1).

	Importo parziale		Importo totale	
I. — Armamento, chiusura della ferrovia e copertura del binario.				
1° Armamento della via con rotaie Vignolle inferro del peso di chilogr. 25 al metro lineare, con traversine rilegate nelle estremità da lungarine, con muricciuoli d'arresto contro lo scorrimento, con dentiera e sua lungarina (2)	204,575	»		
2° Apparecchio al piede del piano inclinato pel passaggio dei veicoli e locomotive dalla linea principale alla dentiera della linea di servizio. . . . . «	6,000	»		
3° Chiusura della ferrovia (3) . . . . . «	20,000	»		
4° Copertura della strada (4). . . . . «	110,000	»		
5° Garette per i guardiani (5) . . . . . »	2,000	»		
			342,575	»
II. — Trasmissione telodinamica.				
1° Fune in fili d'acciaio (6) . . . . . «	39,000	»		
2° Tenditori completi N° 2 (7) . . . . . »	6,000	»		
3° Sostegni delle puleggie direttrici alla sommità del piano inclinato N° 2 (8) . . . . . «	3,000	»		
4° Puleggie in ferro del diametro di 4 metri, compresi gli alberi e cuscinetti, N° 6 (9). . . . . «	21,420	»		
5° Puleggie di sostegno delle funi lungo il piano inclinato, dette stradali (10) . . . . . «	54,900	»		
6° Puleggie di sostegno, coi relativi castelletti dei tratti di funi discendenti, ossia della trasmissione telodinamica propriamente detta, supposti in linea retta (11) «	23,000	»		
7° Indennità per la servitù derivante dalla trasmissione telodinamica. . . . . «	1,000	»		
8° Morse d'arresto per le funi — N° 4 grandi fisse, e N° 2 mobili . . . . . «	530	»		
			148,850	»
III. — Macchine motrici e loro accessorii.				
1° Edificio della presa d'acqua, serbatoio, condotta in tubi di lamiera di ferro (a calcolo) . . . . . «	50,000	»		
A riportarsi L.	50,000	»	491,425	»

	Importo parziale		Importo totale	
Riporto L.	50,000	»	491,425	»
2° Fabbricato per ricevere le macchine motrici, piazzale pel deposito del combustibile compreso il valore del terreno (12) . . . . . «	88,000	»		
3° Turbini N° 2, ciascuna della forza di 375 cavalli-vapore, col relativo meccanismo di trasmissione, alberi, e n° 4 puleggie per ricevere le funi della trasmissione telodinamica (13) . . . . . «	70,000	»		
4° Motore sussidiario a vapore della forza complessiva di 750 cavalli-vapore . . . . . «	600,000	»		
			758,000	»
IV Locomotori n° 3 (14) . . . . . «	97,500	»	97,500	»
V Spese d'amministrazione, Direzione e studi . «	25,000	»	25,000	»
Totale L.			1,371,925	»

Spese variabili colla pendenza del piano inclinato

Pendenza per 0[0	27,40		20,00		10,00	
Ammontare dei capitoli dal n° I al n° V.	1,371,925	»	1,371,925	»	1,371,925	»
VI Materiale ruotabile	50,000	»	89,000	»	172,000	»
VII Spese diverse ed impreviste . .	73,075	»	80,075	»	83,075	»
Totale Categoria *B* . .	1,495,000	»	1,541,000	»	1,627,000	»
Totale Categoria *A* . .	427,000	»	444,000	»	470,000	»
Totale delle due Categorie.	1,922,000	»	1,985,000	»	2,097,000	»

(1) In tutti i prezzi indicati s'intende compresa la spesa del collocamento in opera.

(2) Diamo nel seguente prospetto l'analisi del costo di 6 metri lineari di binario:

		Quantità	Prezzo unitario	Importo
Rotaie in ferro del peso di 25 kg. al metro lineare	Chilogr.	300 00	0 24	72 00
Stecche a quattro fori N° 4	»	15 20	0 38	5 78
Chiavarde . . . . . » 8	»	4 00	0 45	1 80
Arpioni . . . . . » 32	»	0 96	0 40	3 84
Bolloni per lungarine » 32	»	32 00	0 45	14 40
Dentiera in lamine d'acciaio del peso di 60 kg. al m.l.	»	360 00	0 60	216 00
Bolloni per fissare la dentiera sulle lungarine	»	$\frac{6,^m00}{0,^m45} \times 1,60$	0 45	9 60
Traversine di rovere (prezzo medio) .	N.°	6 00	8 00	48 00
Lungarine rileganti le traverse $6^m \times 2 \times 0,^m15 \times 0,^m15$ . . .	M³	0 27	130 00	35 10
Lungarine portanti la dentiera $6^m \times 0,^m25 \times 0,^m15$	»	0 225	150 00	33 75
Muriccioli d'arresto $\frac{0,^m60 + 1,^m00}{2} \times 1,^m00 \times 2,^m60 \times \frac{6^m}{24^m}$	»	0 780	25 00	19 50
Posa.	M.l.	6 00	5 20	31 20
			Totale L.	490 97

Ossia per ogni metro lineare di binario $\frac{490,97}{6} = 81,83$; per 2500 metri Lire 204.575,00.

(3) Assai importante è il completo isolamento della ferrovia; il sistema che si adotterà deve essere sufficientemente solido; prezzo L. 4 al metro lineare.

(4) Da tenersi in conto questa spesa soltanto laddove può temersi l'accumulamento delle nevi. Analogamente a quanto fecesi a Lanslebourg si porta la medesima a L. 50 per 2200 metri.

(5) N.° 4 garette a L. 500 ciascuna.

(6) Formata di 6 trefoli, ognuno di 8 fili d'acciaio del diametro di 2 $^m|_m$ con anima di canapa. Per metro corrente chilogr. 1.50. — Prezzo L. 2,60 il chilogramma.

(7) Inclusi la fondazione in muratura, il sostegno della puleggia ed il castello pel contrappeso di ogni tenditore.

(8) Si comprendono le fondazioni in muratura.

(9) N.° 2 servono pei tenditori, N.° 2 di rimando alla sommità del piano, N.° 2 direttrici delle due funi motrici all'uscita dall'edificio dei motori. Peso unitario chilog. 1700, inclusi alberi, cuscinetti e sostegni.

(10) Si suppongono $^3|_4$ del piano inclinato in linea retta. Le puleggie nelle curve si suppongono di m. 0,150 di raggio come a Lanslebourg, e distanti fra loro m. 3,90; nei rettilinei m. 12. Peso di ciascuna puleggia chilog. 48 per linea retta, e chilog. 60 per linea curva.

(11) Distanza dei pilastri fra loro m. 100. Occupazione del terreno e costruzione dei pilastri L. 10800. Diametro delle puleggie, che sono di ferro a due a due montate su alberi distinti, m. 1,40. Peso di ogni coppia di puleggie coi relativi alberi, cuscinetti e sostegni, chilog. 280. A Lanslebourg le puleggie medesime avevano m. 1,201 di diametro, che però qui portasi ad 1,40 per attenuare le resistenze.

(12) Area totale occupata m.q. 800; pel fabbricato m.q. 600 a L. 60 per m.q.

(13) Prezzo delle turbini ed accessorii L. 45000. — Collocamento in opera L 25000. — La forza dei motori venne calcolata in ragione ai dati ottenuti colle prove di Lanslebourg, ed ammettendo la resistenza delle funi a vuoto proporzionale alla loro lunghezza.

(14) Peso d'ogni locomotore chilog. 13,000 in luogo di chilog. 11977 (peso del locomotore *Italia*) dovendosi rinforzare gli alberi delle puleggie motrici, aggiungere una corona alle stesse puleggie pei due freni a morsa, ed altre lievi modificazioni suggerite dagli esperimenti di Lanslebourg.

CATEGORIA *B*

2° Caso — Spese d'impianto con motore a vapore

Spese che di poco almeno variano colla pendenza del piano inclinato.

		Importo parziale		Importo totale	
I	Armamento, chiusura della ferrovia, copertura del binario (come nel caso precedente) . . . L.			342,575	»
II	Trasmissione telodinamica . . . . . «			148,850	»
III	Macchine motrici e loro accessorii				
	1° Fabbricato per le caldaie e macchine fisse situate sul piazzale di deposito del combustibile (1) . «	51,750	»		
	2° Macchine fisse n° 3 ciascuna della forza di 375 cavalli-vapore, in un alle relative caldaie e parti accessorie, alberi e puleggie di trasmissione del moto alle funi (2). . . . . «	900,000	»	951,750	»
IV	Locomotori (come pel primo caso). . . . . «			97,500	»
V	Spese d'amministrazione, Direzione e studi . . «			25,000	»
		Totale		1,565,675	»

Spese variabili colla pendenza del piano inclinato

	Pendenza per 0[0	27,40		20,00		10,00	
	Ammontare dei capitoli dall'I al V inclusivamente . . . . L.	1,565,675	»	1,565,675	»	1,565,675	»
VI	Materiale ruotabile (come pel caso precedente) . . . . . »	50,000	»	89,000	»	172,000	»
VII	Spese diverse ed impreviste . . «	77,325	»	83,325	»	86,325	»
	Totale Categoria *B*. . «	1,693,000	»	1,738,000	»	1,824,000	»
	id. id. *A*. . «	427,000	»	444,000	»	470,000	»
	Totale generale L.	2,120,000	»	2,182,000	»	2,294,000	»

(1) Area totale da occuparsi m.q. 1500; area pel fabbricato m.q. 800 a L. 60 per m.q.

(2) Prezzo L. 800 per ogni cavallo-vapore. La terza serve da macchina mediaria alle altre due.

(b) Spese di esercizio

Nel calcolo delle spese di esercizio, analogamente a quanto fecesi per le spese di costruzione, si conservò la distinzione della categoria *A* delle spese comuni a qualsiasi ferrovia, e della categia *B* delle spese speciali pel sistema di trazione funicolare Agudio, o che per causa dell'applicazione di questo sistema ricevono un notevole cambiamento.

Si mantennero del pari distinte le spese che variano sensibilmente colla pendenza del piano inclinato, sebbene siasi ammessa l'ipotesi del lavoro costante da svilupparsi dalle macchine motrici per ognuna delle tre pendenze considerate.

Oltre a ciò, nel presente calcolo, si fecero le seguenti supposizioni:

1° Lunghezza del piano inclinato percorsa dal convoglio 2400 metri.

2° Velocità media di traslazione del convoglio in salita e discesa metri 2 al 1″, epperò tempo impiegato in ciascuna corsa tanto ascendente quanto discendente $\frac{2400}{2 \times 60} = 20$ minuti primi.

3° Intervallo di tempo richiesto per la composizione e la scomposizione del convoglio, complessivamente al piede ed alla estremità del piano inclinato, 40 minuti primi.

4° Durata della giornata utile di lavoro, analogamente a quello che verificasi sul piano inclinato dei Giovi (ferrovia Torino-Genova) 20 ore, così che le corse giornaliere sommano a 15.

5° Numero delle corse ascendenti all'anno 5475.

6° Percorso chilometrico giornaliero in salita 36 chilometri, in salita e discesa 72 chilometri.

7° Percorso chilometrico annuo in salita 13140 chilometri, in salita e discesa 26280 chilometri.

CATEGORIA *A*.

Spese che non variano colla pendenza del piano inclinato.

1° Manutenzione dell'argine stradale, della massicciata, delle opere d'arte, degli acquedotti e dei muri di sostegno (1) . . . L.	2,000	»
2° Untura e manutenzione delle piattaforme e degli scambi . . «	400	»
3° Rinnovamento delle piattaforme e degli scambi (2) . . . . «	880	»
4° Manutenzione della linea telegrafica . . . . . «	100	»
Totale L.	3,380	»

Spese variabili colla pendenza del piano inclinato.

Pendenza per 0|0	27,40		20,00		10,00	
Ammontare sopra indicato . . . L.	3,380	»	3,380	»	3,380	»
5° Manutenzione dei fabbricati, cioè stazioni, rimesse-vetture e locomotori, officina di riparazione, magazzini merci ecc. (3). «	3,600	»	4,020	»	4,500	»
6° Manutenzione dei binari di servizio (4) «	100	»	130	»	220	»
7° Mobilio stazioni ed uffizi . . . «	220	»	220	»	250	»
Totale Categoria *A*	7,300	»	7,750	»	8,350	»

(1) Per le opere in muratura si è portato il 2 per $^0/_0$ del costo di costruzione. Per la manutenzione dell'argine stradale e del ballastro si è fissato il prezzo del metro cubo a L. 0,130.
(2) Si portò il 4 per $^0/_0$ del prezzo di costo.
(3) Si calcolò il 3 per $^0/_0$ del costo di costruzione.
(4) Si è preso l'1 per $^0/_0$ del loro costo.

CATEGORIA *B*.

1° Caso. — Spese di esercizio con motore idraulico e sussidiario a vapore

Spese che variano insensibilmente colla pendenza del piano inclinato.

I. — Armamento, chiusura della ferrovia e copertura del binario.	Importo parziale		Importo totale	
1° Manutenzione dell'armamento:				
Rotaie, stecche, chiavarde ed arpioni (1) . . L.	2,023	50		
Chiavarde per le lungarine e la dentiera (2). . «	646	25		
Traverse e lungarine di collegamento delle medesime (3) . . . . . «	4,310	»		
Lungarina portante la dentiera (4) . . . . . «	3,510	»		
Dentiera (5) . . . . . «	»	»		
Manutenzione dei muricciuoli (5) . . . . . «	406	25	10,896	»
2° Untura della dentiera (26280^{kg}. × 0,^{lire}062) (7). . «	1,629	30		
3° Untura dell'apparecchio pel passaggio dei veicoli dalla via principale alla via di servizio e sua manutenzione. . . . . «	100	»		
4° Rinnovamento dello stesso apparecchio (8) . . «	300	»		
5° Manutenzione della chiusura della ferrovia (9) . «	500	»		
6° Manutenzione della copertura della ferrovia (10) . «	3,300	»	5,829	30
Totale L.			16,725	30
II. — Trasmissione funicolare.				
1° Fune in filo d'acciaio (rinnovamento) (11) . . L.	7,800	»		
2° Untura della fune. . . . . «	150	»		
3° Puleggie di rimando e dei tenditori (manutenzione e rinnovamento) (12) . . . . . «	1,044	30		
4° Puleggie stradali (13) . . . . . «	11,036	40		
5° Puleggie di sostegno della trasmissione telodinamica (14) . . . . . «	1,441	»		
6° Manutenzione dei sostegni delle puleggie di rimando e dei tenditori . . . . . «	360	»		
7° Manutenzione dei sostegni della trasmissione telodinamica (15) . . . . . «	300	»	22,131	70
A riportarsi L.			38,857	»

	Importo parziale		Importo totale	
Riporto L.			38,857	»
III. — Macchine motrici.				
1° Manutenzione del fabbricato (16) . . . . . L.	1,080	»		
2° Manutenzione delle turbini: . . . . . «				
Cuscinetti per le due turbini e le puleggie di trasmissione (17) . . . . . L. 100,000 Denti in legno delle ruote dentate di trasmissione (18) . . . . . « 60,00 Corde di canape per le gole delle anzidette puleggie (19) . . . . . « 805,00 Untura . . . . . « 365,00	1,330	»		
3° Rinnovamento delle turbini (20) . . . . . «	900	»		
4° Manutenzione della presa d'acqua e della condotta (21) «	8,000	»		
5° Motore a vapore sussidiario (22):				
Combustibile (23) cav. 708 × kg. 2,5 × 5ore × 30 × lire 0,050 L. 13,275,00 Olio, stoppa (24) . . . . . « 1,575,00 «	14,850	»		
6° Rinnovamento (25) . . . . . «	»	»		
			21,160	»
IV. — Locomotori.				
1° Ruote dentate che fanno incastro colla dentiera (26) «	2,100	»		
2° Cuscinetti degli alberi delle puleggie motrici, ruote dentate e leve pei freni . . . . . »	120	»		
3° Ceppi in legno dei freni che agiscono sugli alberi motori verticali (27). . . . . «	2,076	»		
4° Freno a morsa delle puleggie motrici (28) . . «	200	»		
5° Untura (29) . . . . . »	1,582	»		
6° Rinnovamento (30) . . . . . «	1,625	»		
			7,703	»
V. — Personale di servizio del piano inclinato.				
1° Sorveglianza e manutenzione della strada, della trasmissione funicolare ed accessorii, untura delle puleggie (escluso il rinnovamento della treccia di canape) (31). «	14,820	»		
2° Governo delle turbini e del motore sussidiario a vapore (32). . . . . «	7,500	»		
3° Custode per la presa d'acqua e relativa condotta . «	1,200	»		
4° Condotta del locomotore (33) . . . . . «	12,120	»		
5° Servizio delle stazioni (34). . . . . «	7,000	»		
			42,640	»
A riportarsi L.			110,360	»

	Importo parziale		Importo totale	
Riporto L.			110,360	»
VI. — Personale di direzione; spese d'amministrazione e diverse.				
1° Personale di direzione pel servizio del piano inclinato (35) . . . . . L.	10,000	»		
2° Spese diverse (36) . . . . . «	7,500	»		
			17,500	»
Totale L.			127,860	»

Spese variabili colla pendenza del piano inclinato

Pendenza per 0[0	27,40		20,00		10,00	
Ammontare dei capitoli I a VI inclusivamente . . . . . L.	127,860	»	127,860	»	127,860	»
VII. — Materiale ruotabile, untura, manutenzione e rinnovamento (37) . «	930	»	2,130	»	4,050	»
VIII. — Personale per la manovra nelle stazioni (38) . . . . . «	17,760	»	19,680	»	25,440	»
Totale Categoria *B* . «	146,550	»	149,670	»	157,350	»
Totale Categoria *A* . «	7,300	»	7,750	»	8,350	»
Totale spese d'esercizio . L.	153,850	»	157,420	»	165,700	»
Interessi delle spese di costruzione, Categoria *A*. L.	25,620	»	26,640	»	28,200	»
Categoria *B*. .	89,700	»	92,460	»	97,620	»
Totale interessi L.	115,320	»	119,100	»	125,820	»
Totale generale spese di esercizio ed interessi al 6 per 0[0 delle spese d'impianto nel primo caso . . . L.	169,170	»	276,520	»	291,520	»

(1) Se ne stabilì la durata in 10 anni.
(2) id. id. 8 id.
(3) id. id. 8 id.
(4) id. id. 4 id.

(5) Non si porta alcuna spesa per la manutenzione e pel rinnovamento della dentiera, perchè essa è in condizioni molto migliori di quella del Righi ed inoltre è perfettamente capovolgibile; d'altronde l'esperienza di cinque anni della ferrovia del Righi ha dimostrato che l'usura della dentiera è inapprezzabile.

(6) Si calcolò in base del 5 per $^0|_0$ del costo di costruzione.

(7) Al Righi la spesa per l'untura della dentiera ascese nell'anno 1875 a L. 1112,79 per N.° 4030 convogli, ossiano 28634 chilometri; si tenne però conto della differenza nel numero delle ruote motrici.

(8) Si calcolò il 5 per $^0|_0$ del prezzo di costo.
(9) id. $2^1|_2$ id. id. ossia L. 0,05 al metro lineare.
(10) id. 3 id. id. ossia L. 1,50 id.

(11) Durata 5 anni.

(12) Cuscinetti (durata 8 anni) L. 54,00; corda di canape pel rivestimento del fondo delle gole (durata 4 mesi) L. 271,30; untura $2 \times 6 \times 0,05 \times 365$ = L. 219,00; rinnovamento $2^1|_2$ per $^0|^0$ del prezzo di costo, L. 500,00.

(13) Cuscinetti (durata 5 anni) L. 1137,60; corda di canape (durata 6 mesi) (*) L. 1431,84; untura $632 \times 0,025 \times 365$ = L. 5767,00; rinnovamento 5 per $^0|_0$ del prezzo di costo, L. 27,00.

(14) Cuscinetti (durata 8 anni) L. 75,00; corda di canape (durata 6 mesi) L. 210,00; untura $2 \times 20 \times 0,06 \times 365$ = L. 876,00; rinnovamento $2^1|_2$ per $^0|_0$ del prezzo di costo, L. 28,00.

(15) Si calcolò il 3 per $^0|_0$ del prezzo di costo.

(16) Si è calcolato il 3 per $^0|_0$ del costo di costruzione.

(17) Durata dei cuscinetti delle turbini 2 anni, delle puleggie 6 anni.

(18) Durata 5 anni.

(19) Il Sig. Agudio dichiarò di voler abbandonare gli anelli folli applicati entro le gole di queste puleggie, per sostituirvi puleggie folli. Si portarono quindi le corde di canape per le gole tutte quante, stimandone la durata di 6 mesi.

(20) Il lavoro essendo di sole 5 ore al giorno e per 11 mesi dell'anno il rinnovamento si calcolò il 2 per $^0|_0$ del prezzo di costo.

(21) Si portò il 6 per $^0|_0$ del costo di costruzione.

(22) Si calcolò che per 30 giorni all'anno debbasi sospendere il lavoro delle turbini ed il servizio della condotta d'acqua per la pulizia ed occorrenti riparazioni.

(23) Consumo chilog. 2,5 di carbon fossile per cavallo all'ora; 708 cavalli $\times$ 2,5 $\times$ 5 ore $\times$ 30 $\times$ lire 0, 050 = 13275, essendo il prezzo del carbone in L. 50 la tonn.

(24) Maggiore consumo dell'ordinario, avuto riguardo all'interruzione di lavoro.

(*) In sostituzione al cuoio che erasi applicato a Lanslebourg.

(25) Durata 20 anni, e quindi, lavorando un mese soltanto all'anno, durata $20 \times 12 = 240$, cosicchè si è trascurato di tenere calcolo di questo rinnovamento.

(26) Durata anni $1\,{}^1|_2$, desunta dall'esperienza fatta al Righi, e tenuto conto della percorrenza.

(27) Dagli esperimenti di Lanslebourg si dedusse che ogni ceppo dura per 40 corse; tenuto conto della maggior lunghezza del percorso $\frac{15 \text{ corse} \times 365}{2 \times 40} \times 8 \times 4{,}00$ lire $= 2076{,}00$. Non si porta alcuna spesa particolare pel freno a tenaglia, perchè ben di rado esso dovrà essere impiegato, e di più, stante la sua grande potenza, il convoglio si arresta col medesimo dopo l'intervallo di 8 a 10 metri.

(28) Si portarono a calcolo L. 40 per la conservazione delle corone delle puleggie e L. 20 per ciascuna delle morse in bronzo.

(29) Dagli esperimenti di Lanslebourg si potè dedurre per questa spesa L. 0,06 per chilometro percorso.

(30) Si calcolò il 5 per $^0|_0$ del prezzo di costo di un locomotore.

(31) Un assistente a L. 1800; un capo cantoniere a L. 1500; 12 cantonieri guardia $960 \times 12 = 11520$. Non si è portato il personale occorrente pel rinnovamento delle corde di canape, essendosi la mano d'opera a ciò necessaria computata nel prezzo di costo.

(32) Un macchinista a L. 3,000; 1 aiutante-macchinista a L. 2,100; 2 operai e fuochisti, $1200 \times 2 =$ L. 2400.

(33) Due macchinisti, $3000 \times 2 =$ L. 6000; 2 operai frenatori, $1200 \times 2 = 2400$; 4 manuali, $930 \times 4 = 3720$.

(34) Due Capi stazione e 2 impiegati. Per la manovra dei veicoli si vegga il capitolo VIII.

(35) Un Ingegnere Direttore, 2 impiegati, 1 portiere.

(36) Riscaldamento uffizi, illuminazione, cancelleria, imposte, ecc.

(37) L'untura e la manutenzione delle carrozze L. 0,018 per carrozza-chilometro, e dei carri-chilometro L. 0,015; il rinnovamento uguale al 2 per $^0|_0$ del prezzo di costo.

(38) N.° 16 manovali pel caso della pendenza del 27,40 per $^0|_0$; N.° 18 per quella del 20; N.° 24 per la pendenza del 10; più due capi-manovra per ogni caso.

CATEGORIA *B*

2° Caso — Spese d'esercizio con motore a vapore.

Spese che non variano colla pendenza del piano inclinato.	Importo parziale		Importo totale	
I. — Manutenzione dell' armamento ecc., come pel primo caso. . . . . L.			16,725	30
II. — Manutenzione della trasmissione funicolare. «			22,131	70
III. — Macchine motrici:				
1° Manutenzione del fabbricato (1). . . «	1,550	»		
2° Motore a vapore — Combustibile (2) . «	161,510	»		
Olio (3) . . . «	11,320	»		
Rinnovamento (4) . «	12,500	»		
			186,880	»
IV. — Manutenzione dei locomotori (come pel 1° caso). «			7,703	»
V. — Personale di servizio del piano inclinato come nel 1° caso (5) . . . . . «			42,640	»
VI. — Personale di Direzione; spese d' amministrazione . . . . . «			17,500	»
Totale L.			293,580	»

(1) Si calcolò il 3 per 0[0 sul costo di costruzione.

(2) Chilogr. 2 1[2 per cavallo-vapore all'ora: 708 × 2,5 × 5 ore × 365 × 0,050 = L. 161,512,50.

(3) Compresa anche l'untura del motore sussidiario.

(4) Si calcolò il 5 per 0[0 del costo di due macchine di 375 cavalli, la terza essendo semplicemente sussidiaria.

(5) Il custode della presa d'acqua sarà sostituito da un manuale in aumento del personale addetto alle macchine motrici.

Spese variabili colla pendenza del piano inclinato

Pendenza per 0[0	27,40		20,00		10,00	
Ammontare dei capitoli dall'I al VI incluso . . . . . L.	293,580	»	293,580	»	293,580	»
VII. — Materiale ruotabile (come pel caso precedente) . . . . . »	930	»	2,130	»	4,050	»
VIII. — Personale per le manovre nelle stazioni . . . . . «	17,760	»	19,680	»	25,440	»
Totale Categoria *B*. . «	312,270	»	315,390	»	323,070	»
id. id. *A*. . «	7,300	»	7,750	»	8,350	»
Totale spese di esercizio L.	319,570	»	323,140	»	331,420	»
Interessi del capitale d'impianto al 6 per 0[0 Categoria *A* . . .	25,620	»	26,640	»	28,200	»
id. *B* . . .	101,580	»	104,280	»	109,200	»
Totale interessi.	127,200	»	130,920	»	137,640	«
Totale generale delle spese di esercizio ed interessi al 6 per 0[0 delle spese d'impianto nel 2° caso . . . . . L.	446,770	»	454,060	»	469,060	»

Nota G. — Quadro comparativo di varii pia

Denominazione del piano inclinato e caratteri distintivi del sistema di trazione	Anno in cui il piano venne posto in esercizio	Elementi riferentisi al piano inclinato		
		lunghezza assoluta	altezza superata	pendenza media per 0/0
		metri	metri	
Piani inclinati di Liegi, in numero di due, separati tra di loro per un breve tratto orizzontale ed in curva, con fune motrice senza fine per ogni piano e macchina motrice a vapore situata sul tronco intermedio.	È noto che da alcuni anni venne alle funi sostituita la locomotiva ordinaria.	4310	116	2,1
Piani inclinati di Santos a S. Paulo nel Brasile, in numero di quattro, a doppio binario con funi motrici senza fine come a Liegi.	1860	7865	800	10,1
Piano inclinato automotore della Croix-Rousse a Lione, a doppio binario, con macchina motrice a vapore alla sommità. La fune motrice è una sola a due capi, pei quali si collega rispettivamente ad un veicolo ascendente sopra uno dei binarii ed a quello discendente a un tempo sul secondo binario e va avvolgendosi e svolgendosi sul tamburo motore.	1862	489,20	70	16,05
Piano inclinato automotore di Ofen a Buda-Pest (Ungheria) a doppio binario, con macchina motrice a vapore posta al piede del piano con due funi, l'una motrice e l'altra di semplice trasmissione del moto. Queste funi sono entrambe a due capi, pei quali si collegano a due veicoli, l'uno ascendente e l'altro discendente, mentre s'avvolgono e svolgono su due tamburi di cui uno, quello situato superiormente, è folle.	1870	90	45	50,00
Piano inclinato automotore a Leopoldsberg, presso Vienna, a doppio binario con macchina motrice a vapore alla sommità del piano e con tre funi, due motrici, e la terza di sicurezza, raccomandata ad una puleggia di rimando posta parimenti alla sommità del piano.	1873	790	242	34,0
Piano inclinato automotore, propriamente detto di Ingleby in Inghilterra, per uso di miniera, con una sola fune a due capi raccomandata ad una puleggia a freno situata alla sommità, senza macchina motrice.		1600	32	20,0
Piano inclinato di Pittsburg (America-Stato della Pensilvania): ferrovia di piacere sostenuta interamente da un ponte metallico.		204	101	49,5

inclinati a sistema di trazione funicolare diretta.

Forza [illegible] macchina motrice	Peso del convoglio utile trasportato	Velocità di traslazione del convoglio	Elementi relativi alla fune motrice			OSSERVAZIONI
			metallo con cui è costrutta la fune	diametro della fune	peso della fune per metro corrente	
cav.-vap.	tonnellate	chilom. all'ora		centim.	chilogr.	
2,8	60,000	20,000	Ferro	5,00		Lunghezza del tronco intermedio 350m, suo raggio di curvatura 330m, il resto della lunghezza è diviso in parti eguali fra i due piani.
600 uno 150 ciascuno piano	30,000	7,200	Acciaio			Lunghezze parziali dei quattro piani, partendo da quello inferiore: 1°) 1080m; 3°) 2697m; 4°) 2140m.
150	21,000	7,200	Ferro	6,00	8,5	
30	1,500	7,200	Ferro	2,60	1,6	La macchina a vapore è a due cilindri accoppiati di diametro 0m,400 e corsa 0m,630.
60	7,500	9,000	Acciaio	5,40	9,4	La macchina motrice, fornita di freno a vapore, è a due cilindri accoppiati di diametro 0m,630 e corsa 1m,900.
»	52,000 pei convogli discendenti e 25,000 per quelli ascendenti	36,000				
	1,750	7,912		3,30		La macchina motrice a vapore é a due cilindri di diametro m. 0,300 e corsa metri 0,600 ad alta pressione.

Nota I. — Quadro comparativo di varie ferrovi
macchina a va

Denominazione della ferrovia e caratteri distintivi riferentisi alla strada, alla macchina ed ai mezzi di sicurezza	Anno in cui la ferrovia fu posta in esercizio	Elementi relativi al tracciato della str				
		lunghezza assoluta	altezza superata	pendenza media per 0/0	pendenza massima per 0/0	
		metri	metri			m
Ferrovia a dentiera del monte Washington in America nel New-Hampshire.	1866	4460	823	18,4	33,3	
Ferrovia a rotaia centrale (sistema Fell) del monte Cenisio tra Susa e S. Michele.	1868	77000	1632 altezza del punto culminante sulla stazione inferiore di Susa.	3,9	8,3	
Ferrovia di piacere del monte Righi (Svizzera) da Vitznau a Kulm, a dentiera e caldaia verticale.	Maggio 1871	7000	1310	18,7	25,0 che continua per 1088 m.	
Ferrovia industriale a dentiera di Ostarnuendingen (presso Berna) con la locomotiva a doppio uffizio, ossia atta eziandio per ferrovia ordinaria, e con caldaia orizzontale.	8.bre 1871	1000	100	10,0	10,0	
Ferrovia a dentiera di Kahlemberg, altro versante (V. quadro precedente) del monte Leopoldsberg presso Vienna, a doppio binario con caldaia orizzontale.		5200	285	5,4	10,0	
Ferrovia a dentiera dello Schvabenberg a Buda-Pest, con caldaia orizzontale.	Giugno 1874	3000	260	8,6	11,5	
Ferrovia a dentiera del Righi (Svizzera) da Arth al vertice sul versante opposto a quello della precedente ferrovia del Righi; con caldaia orizzontale.		10000	1305	13,05	20,0	
Ferrovia a dentiera da Rorschack ad Haiden presso il lago di Costanza.	Sett. 1875	5500	390	7,1	9,0	
Ferrovia con locomotiva-tender ad aderenza ordinaria da Zurigo al monte Utliberg.	Marzo 1875	9500	400	4,21	7,0 per soli metri 800.	

ii montagna a rotaia centrale ed a dentiera con ;ore locomotiva

Elementi relativi alla locomotiva								Peso del convoglio rimorchiato		OSSERVAZIONI
Superficie riscaldamento della caldaia			Pressione massima del vapore nella caldaia	Cilindri motori		Peso della locomotiva in servizio	Forza disponibile sull'asse della ruota motrice	lordo, cioè la locomotiva inclusa	utile	
diretta	tubolare	Totale		diametro	corsa					
m. q.	m. q.	m. q.	atm.	metri	metri	tonn.	cav.vap.	tonn.	tonn.	
						4,000	35	12,000	8,000 cioè una carrozza di 50 posti	La larghezza della strada è di m. 1,22 da asse ad asse della rotaia.
5,25	53,50	58,75	8	0,406	0,406	22,000	160	48,000	26,000	Il peso del convoglio qui contro riportato si riferisce alla pendenza media del 78 p. 00|00; la larghezza della strada da asse ad asse delle rotaie laterali è di m. 1,10.
2,9	55,5	58,4	12	0,270	0,400	12,500	45	20,200	7,700	La strada ha la larghezza ordinaria, cioè di m. 1,50 da asse ad asse delle rotaie.
			12			16,000	115	40,000 ?	24,000 ?	
3,0	46,0	49,0	10	0,330	0,450	18,500	135	44,775	26,275	
3,0	46,0	49,0	10	0,330	0,450	18,500	135	44,775	26,275	
5,84	45,57	51,41	»	0,300	0,500	16,000	166	28,700	12,700	
9,84	44,54	54,38	»	0,300	0,500	16,000	187	51,000	35,000	
		72,00	12			16,000	166	28,700	12,700	

Nota H

Limite massimo di pendenza superabile colle locomotive ad aderenza naturale, o ad aderenza mista, ovvero ad aderenza artificiale.

Il quadro qui appresso ha per oggetto di far conoscere il massimo limite di pendenza che la locomotiva a vapore è capace di superare nei tre casi, in cui la sua aderenza sulle rotaie è semplicemente prodotta dal peso della macchina, ovvero l'aderenza naturale dovuta a questo peso è artificialmente aumentata coll'impiego di pressioni artificiali su una terza rotaia centrale; od ancora la totale aderenza richiesta è ottenuta ricorrendo ad una dentiera. I tipi più comunemente noti di queste due ultime classi di locomotive ad aderenza mista, oppure ad aderenza intieramente artificiale, sono rispettivamente quello di Fell, che per qualche tempo venne adoperato pel valico del Moncenisio, e l'altro di Riggenbach in attività sulla ferrovia del monte Righi e su altre in Isvizzera ed in Austria-Ungheria.

Da questo quadro apparisce che la locomotiva ordinaria non è più capace di rimorchiare alcun peso utile sulle salite dal 50 al 100 per mille, secondo che si ha o non un tender staccato; la locomotiva Fell diventa del pari inabile al trasporto del menomo carico utile sulla pendenza del 200 per mille, e quella per ferrovia a dentiera lo diventa alla pendenza del 400 per mille, sempre che non si voglia scendere ad una velocità inferiore a m. 1,77 per 1″. Ecco in qual modo si è proceduto nella compilazione del quadro in parola. Si indichino con L il lavoro in cavalli-vapore disponibile sull'asse delle ruote motrici della macchina; con P il suo peso in completo assetto di servizio; con p il peso del convoglio utile da essa rimorchiato e con p' il peso del suo carro di scorta, allorchè non si considera una macchina-tender, ma invece una locomotiva con tender a parte; tutti questi pesi va-

lutati in tonnellate; con v la velocità di traslazione del convoglio in metri al 1″; con $\frac{1}{i}$ la pendenza della strada, ed infine con r ed r' i coefficienti di resistenza alla trazione, per ogni tonnellata rispettivamente della locomotiva e del convoglio, il tender compreso, sopra di una ferrovia orizzontale alla stessa velocità. Allo stato di movimento uniforme dovrà sussistere l'equazione:

$$75\,L = v\left\{P\left(\frac{1000}{i} + r\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right) + (p+p')\left(\frac{1000}{i} + r'\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right)\right\}$$

dalla quale si ricava per l'espressione del peso utile rimorchiato p in funzione di tutte le altre quantità sovranumerate

$$p = \frac{\frac{75.\,L}{v} - P\left(\frac{1000}{i} + r\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right)}{\frac{1000}{i} + r'\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}} - p'.$$

Mediante questa espressione, per una data locomotiva, allorquando si conoscano i valori di L, P, p', v, r, r', si potranno determinare i valori di p, corrispondenti ai valori prestabiliti della pendenza $\frac{1}{i}$, e così si otterrà l'accennato limite massimo di questa pendenza, il quale manifestamente corrisponde a $p = 0$. Va poi senza il dirlo quasi che per L fa d'uopo prendere anche il valore massimo, e per v la velocità riferentesi a questo lavoro massimo.

Tale appunto è il metodo seguito nella formazione di questo quadro.

Quadro comparativo dei limiti di massima pendenza che sono atte a superare le locomotive ad aderenza ordinaria e quelle per ferrovia a rotaia centrale od a dentiera.

Denominazione della Macchina	Righi — Macchina-tender (ferrovia a dentiera)	Fell n° 2 — Macchina-tender (ferrovia a rotaia centrale)	Est Francia — Macchina-tender ad 8 ruote accoppiate	Nord Francia — Macchina-tender ad 8 ruote accoppiate	Nord Francia — Macchina-tender a 12 ruote accoppiate con 4 cilindri	Sigl (Ferr. A. I.) — Macchina ad 8 ruote accoppiate con tender a parte
Forza in cavalli-vapore sull'asse delle ruote motrici.	115 (1)	160	400	400	500	520
Velocità di traslazione in chilometri all'ora.	6,4	10,7	24	20	20	25
Idem in metri per 1″.	1,77	2,97	6,66	5,55	5,55	6,94
Pressione massima assoluta nella caldaia in atmosfere.	12	8	8	9	9	10
Peso della locomotiva in servizio, tonn.	12,500	18,000	46,300	45,000	60,000	senza tender 52,180 col tender 75,500
Peso specifico della locomotiva per cavallo-vapore di forza, chilogr.	108,6	112	116	112,5	120	senza tender 100 col tender 145
Coefficienti di resistenza alla trazione per ogni tonnellata di convoglio ed in piano.	Macchina 12 Convoglio 3	Macchina 18 Convoglio 5	Macchina 20 Convoglio 5	Macchina 20 Convoglio 5	Macchina 20 Convoglio 5	Macchina 20 Convoglio 5 Tender 5

(1) Sull'asse della ruota motrice dentata.

Indicazione delle salite	Righi		Fell no 2		Est Francia		Nord Francia (macchina a 8 ruote)		Nord Francia (macchina a 12 ruote)		Sigl (Ferrovie A.I.)	
	Peso utile rimorchiato	Rapporto del peso utile rimorchiato al peso della macchina	Peso utile rimorchiato	Rapporto del peso utile rimorchiato al peso della macchina	Peso utile rimorchiato	Rapporto del peso utile rimorchiato al peso della macchina	Peso utile rimorchiato	Rapporto del peso utile rimorchiato al peso della macchina	Peso utile rimorchiato	Rapporto del peso utile rimorchiato al peso della macchina	Peso utile rimorchiato	Rapporto del peso utile rimorchiato al peso della macchina
	p	p/P	p	p/P	p	p/P	p	p/P	p	p/P	p	p/P
Orizzontale	1574	125	743	41,3	716	15,5	901	20	1111	18,5	894,68	17
Salita del 10 p. °°/∞	358,7	28	229	12,6	208	4,49	270	6	330	5,5	247,88	4,7
» 20 »	194,9	15,5	135	7,5	106,6	2,28	144	3,2	174	2,9	118,48	2,2
» 25 »	157,2	12,5	108,8	6,0	80,8	1,7	112,7	2,5	132,2	2,2	86,21	1,6
» 50 »	77,3	6,1	51,2	2,8	23	0,5	41	0,9	68,3	1,1	12,71	0,2
» 100 »	33,7	2,7	18,2	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0
» 115 »	27,8	2,2	13,7	0,76								
» 150 »	18,6	1,5	6,5	0,36								
» 200 »	10,9	0,8	0	0								
» 250 »	6,3	0,5										
» 300 »	3,2	0,26										
» 350 »	1,0	0,08										
» 400 »	0	0										

Nota K

Paragone del sistema di trazione Agudio con altri sistemi, ed in particolare con quelli a locomotiva tanto ordinaria quanto ad aderenza artificiale.

Effetto utile dei varii sistemi. — Innanzi tutto vuolsi determinare l'effetto utile di ciascun sistema, vale a dire il rapporto che passa fra il lavoro meccanico utile ottenuto ed il lavoro motore speso nel medesimo spazio di tempo:

Per riguardo a questo effetto utile si nota che nel calcolo del medesimo ogni sistema vuol essere considerato dapprima indipendentemente dal motore, e poscia unitamente con questo motore. Nel primo caso si ottiene (Vedi la Nota B all'articolo *Effetto utile del sistema Agudio*) l'effetto utile che denominasi caratteristico o speciale del sistema. Nel secondo caso invece ricavasi l'effetto utile definitivo del sistema col suo modo di applicazione.

Incominciando dall'esporre il modo di calcolare l'effetto utile speciale del sistema, s'immagini che un convoglio percorra con velocità uniforme una ferrovia, portando seco il motore, ovvero ricevendo il moto da una macchina fissa per mezzo di funi, o di una massa fluida intermedia (aria od acqua); questo secondo caso si suddivide in altri due; può cioè il moto venire impresso direttamente al convoglio dalle funi o dalla colonna d'aria od acqua, oppure il moto può venir trasmesso a mezzo d'un veicolo intermediario che viaggia col treno. Ciò premesso, dicasi P il peso del convoglio utile; p il peso del motore pel caso della locomotiva, oppure dell'organo recettore del lavoro (del carro locomotore, per esempio, nel sistema Agudio) pei sistemi di trazione a motore fisso; R la somma delle resistenze passive sia dell'organo locomotore, sia del mezzo di trasmissione del lavoro per questi stessi sistemi, resistenze che supporremo riportate al centro di gravità del convoglio; r infine il coefficiente di resistenza alla trazione

per ogni tonnellata di convoglio già stimata parallelamente al piano della strada, ed inclusovi inoltre il peso proprio del convoglio sulla pendenza considerata. Avremo allora primieramente per il lavoro utile sviluppato nell'unità di tempo Prv, se indicasi con v la velocità di traslazione del convoglio, e per il lavoro motore speso o comunicato in pari tempo al convoglio $v\,[(P+p)\,r+R]$; cosicchè deducesi per il coefficiente di rendimento meccanico del sistema, che designeremo con ε,

$$(1) \qquad \varepsilon = \frac{P}{P+p+\frac{R}{r}}.$$

Questa è l'espressione più generale dell'effetto utile caratteristico di un sistema di trazione; la quale ad esempio, per una ferrovia a locomotiva ordinaria, cioè con semplice aderenza naturale, che trasforma integralmente il lavoro motore disponibile sull'asse delle ruote motrici nella trazione della macchina e del convoglio utile, ridotta $R=0$, riducesi semplicemente ad

$$(2) \qquad \varepsilon = \frac{P}{P+p};$$

nella quale però non si tiene conto delle maggiori resistenze che una tonnellata di macchina presenta, pei suoi organi, rispetto ad una tonnellata del treno rimorchiato.

La forma precedente (1) dell'espressione medesima è più generale e conviene specialmente alle ferrovie a dentiera, a rotaia centrale, vale a dire alle locomotive con aderenza artificiale ottenuta con organo speciale avente le sue passività, ed ai sistemi di trazione funicolare, od atmosferici, tuttavolta che in questi il convoglio utile riceve il moto mediante un organo recettore speciale, come nel sistema funicolare Agudio: in caso contrario se non v'è ricettore, o motore mobile, come spesso accade pei sistemi funicolari a trazione diretta e per le ferrovie pneumatiche, si ha $p=0$: e perciò l'espressione dell'effetto utile caratteristico del sistema diventa

$$(3) \qquad \varepsilon = \frac{P}{P+\frac{R}{r}}:$$

nella qual formola è ommesso il peso degli organi trasmettitori, per cui, nel caso della fune, per esempio, si suppone che le sue resistenze sono conglobate col valore di r.

Queste formole spiegano quel che l'Ingegnere Agudio pervenne ad ottenere col suo sistema funicolare di trazione indiretta e con funi a grande velocità, al quale vuol essere applicata l'espressione più generale (1). Egli è vero che il medesimo, impiegando la trazione indiretta, mantenne al denominatore il termine p; però rispetto alla trazione con locomotiva lo rese non solo di valore assai minore, ma ad un tempo poco variabile; ed inoltre colle funi a grande velocità, ed eziandio coll' impiego di due funi motrici distinte, in luogo d'una sola, riuscì a diminuire in misura assai notevole il valore del termine $\frac{R}{r}$. Quindi a ragione suol dirsi che il sistema di trazione Agudio tiene come il luogo di mezzo fra quello a locomotiva ordinaria e tutti gli altri conosciuti, ma specialmente tra la locomotiva usuale (formola (2)) ed il sistema a trazione funicolare diretta (formola (3)). Emerge del pari dà quanto precede un difetto organico, che presentano le ferrovie a dentiera ed a rotaia centrale, almeno meccanicamente parlando, quello cioè di conservare nell'espressione del loro effetto utile caratteristico (formola (1)) il termine p rappresentante il peso morto o passivo della locomotiva con valore considerevole, senza diminuire bastantemente il termine riferentesi alle resistenze passive del meccanismo trasmettitore del lavoro $\left(\frac{R}{r}\right)$ atteso le resistenze speciali di questi sistemi.

Confronto del sistema Agudio col sistema funicolare a trazione diretta e coi sistemi pneumatici. — Il sistema funicolare a trazione diretta, per le piccole e mediocri pendenze, non regge al paragone colla locomotiva ordinaria. Per le forti pendenze ha i due capitali difetti di non prestarsi ai tracciamenti in linea curva e di esigere funi di troppo grande diametro, dando origine a resistenze passive tali da assorbire la massima parte del lavoro speso.

Dei sistemi di trazione atmosferici, tanto a convoglio esterno, quanto interno, come pure tanto a rarefazione, quanto a compressione d'aria, almeno quali sono noti infino al presente, non occorre spendere parola. Imperocchè, se essi sono applicabili a tracciati curvilinei, necessitano però esorbitanti spese di costruzione ed uno sperpero enorme di forza motrice. Quelli poi a con-

voglio interno, cioè muoventesi entro lo stesso tubo pneumatico, onde non dover assegnare a questo tubo dimensioni eccessive, esigono un materiale mobile diverso dall'ordinario, la qual cosa accresce di molto la discontinuità e le spese di esercizio. Cosicchè conchiudendo è lecito l'affermare che dei sistemi funicolari a trazione diretta, ed atmosferica, per le pendenze a cui non è più possibile di applicare la locomotiva ordinaria, il primo sistema soltanto per avventura potrà essere preferibile, ove non ci sieno curve e la pendenza sia moderata, a quello d'Agudio, od alla locomotiva con aderenza artificiale, ma non certamente nella generalità dei casi.

Effetto utile definitivo di un sistema di trazione qualsiasi; applicazione alla locomotiva ordinaria. — Per quest'effetto utile si deve intendere il rapporto che passa fra il lavoro meccanico utile prodotto dal sistema ed il vero lavoro motore speso, cioè il lavoro fornito alla macchina motrice per mettere il sistema in azione, durante lo stesso intervallo di tempo. Pel sistema Agudio, quale per modo d'esempio trovasi applicato al piano inclinato di Lanslebourg, questo secondo lavoro è quello che la caduta d'acqua somministra nell'unità di tempo alle due turbini.

Nella Nota B vennero calcolati tanto questo lavoro, quanto l'effetto utile definitivo del sistema pel medesimo piano inclinato: e si trovò per questo effetto utile 0,311, mentre per l'altro speciale del sistema Agudio od indipendente dal genere del motore impiegato, ottennesi 0,380. Sebbene al valore del primo di questi effetti utili, per le ragioni addotte nella stessa Nota B, non si possa prestare piena fede, ciò nonostante gioverà qui farne il paragone con quello proprio di un qualche esempio di locomotiva ordinaria di montagna.

La locomotiva da noi scelta è la locomotiva-tender a quattro assi accoppiati delle Ferrovie francesi dell'Est, della quale venne già fatto menzione nel quadro della Nota precedente H, e di cui ecco gli elementi: peso della macchina in servizio $P = 46^{\text{tonn.}},3$; velocità di traslazione in metri al minuto secondo $v = 6^{\text{m}},666$ (chilom. 24 all'ora); pendenza della strada per metro $\frac{1}{i} = 0,025$; lavoro disponibile sull'asse delle ruote motrici $L = 400$ cavalli-vapore; coefficiente di resistenza alla trazione per tonnellata, in piano, della macchina $r = 20^{\text{kg.}}$ e del convoglio $r' = 5^{\text{kg.}}$. Coll'aiuto di questi dati troviamo:

Peso del convoglio utile rimorchiato (Vedi Nota H)

$$p = \frac{\frac{75\,L}{v} - P\left(\frac{1000}{i} + r\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right)}{\frac{1000}{i} + r'\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}} = \text{tonnellate } 80{,}6.$$

Lavoro utile fatto dalla locomotiva in cavalli-vapore

$$L_u = \frac{102{,}403 \times 6{,}666 \times \left(\frac{1000}{i} + r'\sqrt{1-\frac{1}{i^2}}\right)}{75} = \text{cav. vap. } 217:$$

dai quali ricavasi poi

Effetto utile della locomotiva considerata quale macchina di trazione $= \frac{L_u}{L} = \frac{217}{400} = 0{,}542.$

Si può dunque conchiudere che, relativamente all'effetto utile speciale del sistema di trazione, la locomotiva è, negli indicati limiti di pendenza, più vantaggiosa del sistema funicolare Agudio. Con questo non è però terminato il confronto fra la locomotiva ordinaria ed il sistema Agudio. Gli effetti utili ora ottenuti non sono che i primi elementi del confronto, ai quali si dovranno aggiungere molti altri relativi alla pendenza ed alla lunghezza della strada, al tempo, alle spese d'esercizio di quella, del che diremo in seguito.

Effetto utile caratteristico del sistema di trazione con locomotiva a rotismo dentato (tipo Riggenbach). — Affine di porgere il mezzo di stabilire il confronto economico fra due ferrovie superanti una uguale altezza, ma l'una con un piano inclinato del sistema Agudio, e l'altra a locomotiva con dentiera, applicheremo i calcoli precedenti alla locomotiva con rotismo dentato del Righi pure citata nel quadro della Nota H. Intorno a questa locomotiva si hanno i dati seguenti: pendenza massima della strada per metro $\frac{1}{i} = 0{,}250$; peso della macchina in servizio tonnellate 12,5; velocità di traslazione del convoglio chilom. 6,4 all'ora, ovvero $1^m{,}77$ al $1''$; peso utile rimorchiato $p =$ tonnellate 7,5; altezza superata 1360^m; tempo impiegato nel compiere la salita, dedotte le fermate, 1^{ora}, $14^{min.} = 74$ minuti primi; lavoro motore disponibile sull'albero che riceve direttamente il

moto dai cilindri cav. vap. 160; lavoro disponibile sull'albero della grande ruota dentata di propulsione cav. vap. 115. Da questi dati, e ritenute le resistenze del treno in 3 chilogr. per tonnellata, attesa la pochissima velocità cui si cammina, si deducono i risultati che qui appresso riferiamo:

Lavoro utile fatto dalla locomotiva in cavalli-vapore

$$= \frac{7{,}5 \times \left(\frac{1000}{i} + 3\right) \times 1{,}77}{75} = \text{cavalli-vapore } 44{,}7.$$

Effetto utile caratteristico di questa locomotiva considerata come semplice macchina di trazione $= \frac{44{,}7}{160} = 0{,}278$, e quindi meno dell'effetto utile del sistema Agudio anche collo svantaggio della maggior pendenza di Lanslebourg.

Paragone economico del sistema Agudio colla locomotiva ordinaria. — Per mettere fine a questi cenni sui criteri che debbono servire di guida al confronto tra i varii sistemi di trazione, al paragone economico del sistema Agudio colla locomotiva ordinaria, si aggiunge un saggio di calcolo del prezzo di trasporto di una tonnellata per ogni chilometro di una ferrovia orizzontale a locomotiva ordinaria equivalente, per la spesa complessiva di esercizio, a tre piani inclinati del sistema Agudio aventi la lunghezza comune di m. 2500 e le pendenze rispettive per 100 del 27,4 (pendenza media del piano di Lanslebourg), del 20 e del 10, tanto nel caso in cui facciasi uso di un motore idraulico, col motore sussidiario temporaneo a vapore, che in ogni caso è necessario per la regolarità del servizio, quanto in quello in cui venga impiegato unicamente un motore a vapore. I risultati di cosifatto calcolo si contengono nel sottoposto quadro, per la cui compilazione vennero assunti i seguenti dati fondamentali: lunghezza del piano inclinato percorsa dal convoglio in salita come in discesa, chilom. 2400; numero delle corse giornaliere d'andata insieme e di ritorno 15; numero delle corse complete annue id. 5475; percorso chilometrico annuo 26280 chilom.; peso del convoglio (compreso il locomotore) tonnellate 36 (1) per la pendenza del 27,4 e per le altre due pendenze lo stesso numero moltiplicato

(1) Lo stesso peso, cioè, del piano inclinato di Lanslebourg, sebbene qui si considerino piani di una lunghezza quasi doppia, essendo da notarsi che la maggior lunghezza non produce altro se non un accrescimento nelle resistenze passive dell'apparato funicolare, per le quali nel calcolo della spesa d'esercizio venne computato come compenso un motore di forza adequatamente superiore a quella riscontrata a Lanslebourg (Vedi Nota *F*).

pel reciproco della pendenza; peso del locomotore tonnellate 13. Nel calcolare la forza dell'occorrente motore nella Nota F si presero per base le resistenze trovate praticamente a Lanslebourg moltiplicando quelle della fune in ragione di lunghezza, e tenendo conto della diversa gravità del locomotore sulle diverse pendenze.

La spesa d'esercizio per ciascun caso nel quadro che segue è quella già stata riferita nella Nota F. Nella prima colonna del quadro, finalmente, ed in apposite note si troveranno tutte le altre indicazioni necessarie alla formazione del medesimo. Dal presente quadro (vedi ultima linea) si ha in definitiva e per ogni caso considerato, il prezzo della tonnellata-chilometro del peso utile trasportato su d'una ferrovia orizzontale equivalente, per lavoro di trazione, ad un dato piano inclinato del sistema Agudio. Ora dall'esperienza è pur noto che sopra una ferrovia orizzontale esercitata con locomotiva ordinaria il prezzo del trasporto di una tonnellata varia per ciascun chilometro da L. 0,005 a 0,010. Le quali cifre, confrontate con quelle contenute nell'ultima linea di questo quadro, possono somministrare una bastante idea del valore economico, allo stato attuale dell'industria ferroviaria, del sistema Agudio, quando alle une ed alle altre si aggiunga la spesa dovuta all'interesse delle spese d'impianto variabili secondo il traffico e le circostanze locali, e di cui un saggio fu dato nella Nota F.

Calcolo del costo di una tonnellata di carico utile trasportato per ogni chilometro di una ferrovia orizzontale equivalente, in quanto concerne le spese d'esercizio, ad un piano inclinato del sistema Agudio.

	Con motore idraulico e motore sussidiario a vapore			Con motore a vapore		
Pendenza per 0[0	27,40	20,00	10,00	27,40	20,00	10,00
Peso del convoglio escluso il locomotore per ogni corsa in salita. tonn.	23	34	79	23	34	79
Carico brutto, compresi i veicoli, rimorchiato in salita per ogni giorno. »	345	510	1085	345	510	1085
Carico brutto in salita e discesa, supposto che in discesa si trasporti un ugual peso . . . . . »	690	1020	2370	690	1020	2370
Carico brutto trasportato in un anno. »	251850	372300	865050	251850	372300	865050
Carico utile trasportato in un anno, supposto la tara dei veicoli uguale al peso netto . . . . . »	125925	186150	432525	125925	186150	432525
Spese di esercizio, non computati gli interessi del capitale d'impianto in un anno . . . . . L.	153850	157420	165700	319570	323140	331420
Spese d'esercizio per ogni corsa d'andata e ritorno insieme (1). . »	28,10	28,75	30,26	58,36	59,02	60,53
Spese d'esercizio per ogni treno-chilometro (2). . . . . »	5,85	5,99	6,30	12,15	12,29	12,61
Spese d'esercizio per ogni tonnellata utile trasportata nell'uno e nell'altro senso per tutta la lunghezza del piano inclinato (3) . . . . . «	1,222	0,845	0,383	2,537	1,735	0,766
Altezza superata col piano inclinato (supposto di lunghezza m. 2250) (4). m.	614	450	225	614	450	225
Lunghezza di una ferrovia a pendenza del 25 per mille tale da superare la medesima altezza (5) . . chilom.	24,56	18	9	24,56	18	9
Accrescimento da farsi a cotesta lunghezza per motivo della pendenza del 25 per mille in ragione di 2 chilometri per ogni 10 m. d'altezza superata (6) . . . . . «	122,8	90	45	122,8	90	45
Lunghezza totale di una ferrovia in pianura, a cui corrisponderebbe una eguale spesa d'esercizio come per la ferrovia avente la pendenza del 25 per mille . . . . . »	148	108	54	148	108	54
Costo del trasporto della tonnellata utile ridotto a chilometro di ferrovia orizzontale (7) . . . . L.	0,0083	0,0078	0,0070	0,0171	0,0160	0,0141

(1) Ottenute dividendo i numeri della linea precedente per 5475.

(2) Avute col dividere i numeri della linea antecedente per la lunghezza di chilom. 4,8 percorsa in ogni corsa di andata insieme e di ritorno.

(3) Dedotte col dividere la spesa totale annua di esercizio per il carico utile trasportato in un anno.

(4) Si assume questa lunghezza nell'ipotesi dei 2400 metri percorsi dal convoglio per tener conto dei raccordamenti dall'orizzontale alla pendenza.

(5) Si ricava questa lunghezza dividendo per 25 le altezze rispettive precedenti.

(6) Il valore di questi accrescimenti si trova supponendo che le resistenze del treno sieno di 5 chilogr. per tonnellata tanto in piano che in salita, ed aggiungendo ad esse il valore della gravità; ne risulta che un chilometro a pendenza del 25 p. $^0|_0$ ha le stesse resistenze totali (25 + 5) che sei chilometri di linea piana (6 + 5); epperò si avrà, per la lunghezza di una ferrovia orizzontale equivalente ad un'altra della pendenza sempre del 25 per $_m|_m$ e di chilom. 24, 56 di lunghezza, 24,56 $\times$ 6, ossia chilom. 148 in numero tondo.

(7) Che si ottiene dividendo pei numeri della linea antecedente quelli esprimenti il costo d'ogni tonnellata utile trasportata in basso, ovvero in alto, per tutta la lunghezza del piano inclinato d'Agudio.

FINE.

INDICE

INTRODUZIONE . . . . . Pag. 3
PARTE I — Brevi cenni descrittivi sul piano inclinato di Lanslebourg. . . . . » 9
PARTE II — Del modo di funzionare del sistema Agudio . . . . » 23
PARTE III — Degli esperimenti instituiti sul piano inclinato di Lanslebourg . . . . . » 28
PARTE IV — Osservazioni sui risultati sperimentalmente ottenuti. » 36
PARTE V — Paragone del sistema Agudio con altri sistemi di trazione, e conclusione . . . . . » 40

ALLEGATI:

NOTA *A*. — Descrizione particolareggiata del piano inclinato a sistema di trazione funicolare Agudio . . . . . » 47
NOTA *B*. — Esperimenti instituiti sul piano inclinato di Lanslebourg » 79
NOTA *C*. — Giornale dell'esercizio del piano inclinato a sistema di trazione funicolare Agudio di Lanslebourg . . . » 95
NOTA *D*. — Calcolo teorico di un piano inclinato a trazione funicolare secondo il sistema Agudio. . . . . » 107
NOTA *E*. — Potenza dei freni di cui è munito il carro locomotore » 124
NOTA *F*. — Calcolo presuntivo della spesa di costruzione e di esercizio di un piano inclinato col sistema di trazione funicolare Agudio . . . . . » 127
NOTA *G*. — Quadro comparativo di varii piani inclinati a sistema di trazione funicolare diretta . . . . . » 144
NOTA *I*. — Quadro comparativo di varie ferrovie di montagna a rotaia centrale ed a dentiera con macchina a vapore locomotiva . . . . . » 146
NOTA *H*. — Limite massimo di pendenza superabile colle locomotive ad aderenza naturale, o ad aderenza mista, ovvero ad aderenza artificiale . . . . . » 148
NOTA *K*. — Paragone del sistema di trazione Agudio con altri sistemi di trazione, ed in particolare con quelli a locomotiva tanto ordinaria quanto ad aderenza artificiale . . . . . » 152

GENERAL BOOKBINDING CO.
77 492ST 53 005 A 1 GE 6186
QUALITY CONTROL MARK

TF 835 .I88
Sul piano inclinato di Lanslab
Stanford University Libraries
3 6105 041 655 080

TF835
I88

DATE DUE

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA
94305

Tavola V

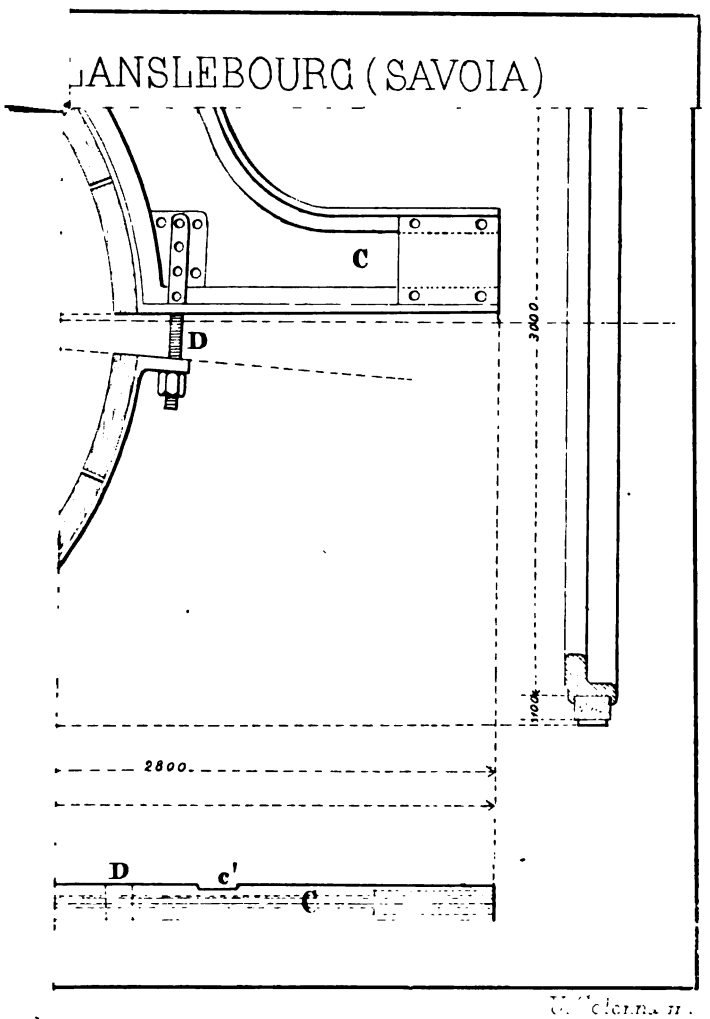
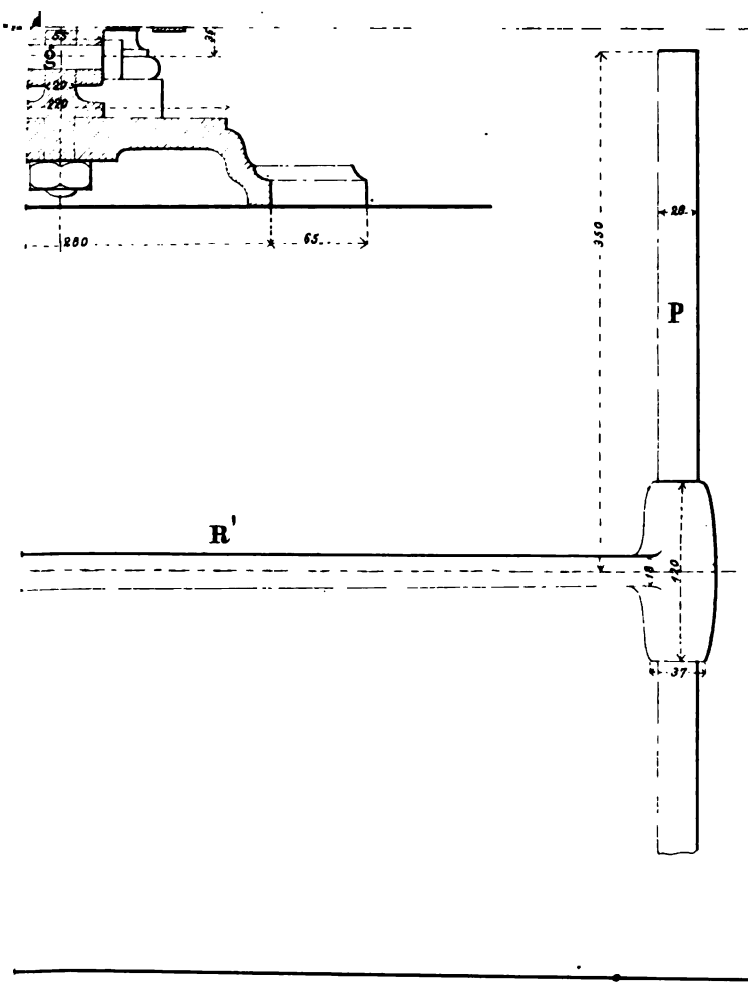


Tavola VI

:O DI LANSLEBOURG (SAVOIA)

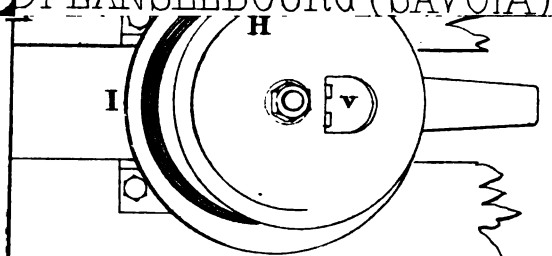
.CQUA



U. Colonna inc.

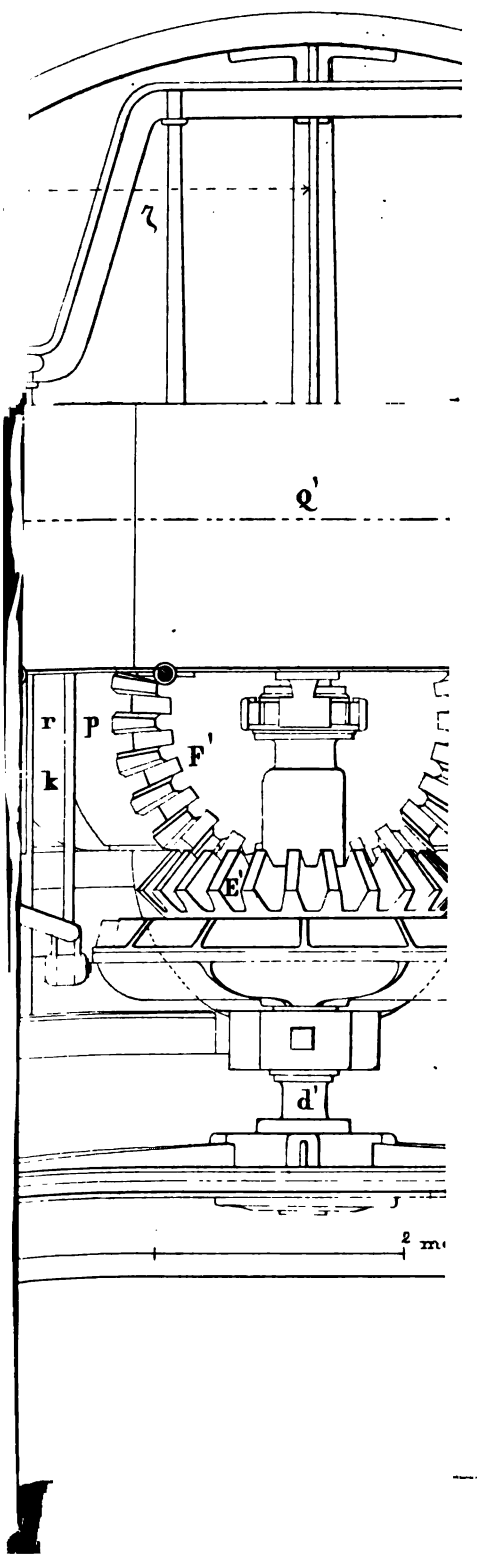
Tavola VII

DI LANSLEBOURG (SAVOIA)



U. Colonna inc.

PIANO INCLINATO



GENERAL BOOKBINDING CO.
77 492ST 53 005 A 1 GE 6186
QUALITY CONTROL MARK

TF 835 .I88
Sul piano inclinato di Lanaleb
Stanford University Libraries
3 6105 041 655 080

TF835
I88

DATE DUE

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA
94305